



PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP KARAKTERISTIK MORFOLOGIS DAN ANATOMIS TANAMAN MARIGOLD (*Tagetes erecta* L.)

Maresti Hageng Pangesti*, Ratnawati¹

Jurusan Pendidikan Biologi, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta

* Corresponding author : marestihageng.2017@student.uny.ac.id

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma dan besar dosis yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap perubahan karakteristik morfologis dan anatomis tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Objek penelitian ini adalah *Tagetes erecta* L. yang diiradiasi sinar gamma pada dosis 0 Gy, 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy dan 200 Gy. Pengamatan berfokus pada karakteristik morfologis dan anatomis *Tagetes erecta* L. Data tinggi tanaman, jumlah daun, kerapatan stomata, kerapatan trikوماتa dianalisis menggunakan uji One Way ANOVA dan dilanjutkan dengan uji DMRT. Data warna daun, bentuk daun dan ujung daun dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis iradiasi yang tinggi menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman, penurunan kerapatan stomata dan trikوماتa. Serta berpengaruh terhadap perubahan warna daun menjadi lebih pucat, bentuk daun, bentuk ujung daun dan morfologis daun lainnya yang berbeda dengan daun kontrol, ditunjukkan oleh dosis 200 Gy.

Kata Kunci: Anatomis, Iradiasi Gamma, Morfologis, *Tagetes erecta* L.

Abstract. The purpose of this research is to find out the effect of gamma ray irradiation and the irradiation dose showing a significant effect on morphological and anatomical characteristics changes of marigold (*Tagetes erecta* L.). This research was experimental research using Completely Randomized Design. The object of this research was *Tagetes erecta* L. irradiated using gamma rays at 0 Gy, 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy and 200 Gy. The observations were focused on morphological characteristics and anatomical characteristics of *Tagetes erecta* L. Plant height, number of leaves, stomatal density, trichome density were analyzed using One Way ANOVA test and followed by DMRT test. As for leaf color, leaf shape and leaf tip were analyzed descriptively. Result shows that a high dose of gamma ray irradiation causes stunted plant height growth, decreased stomata and trichome density. In addition, it also affects the change in leaf color to become paler, leaf shape, leaf tip shape and the other leaf morphological that are different from the control leaves, indicated by a dose of 200 Gy.

Keywords: Anatomical, Gamma Ray Irradiation, Morphological, *Tagetes erecta* L.,

PENDAHULUAN

Tagetes erecta L. atau marigold Afrika merupakan anggota keluarga Asteraceae, tanaman asli Amerika Tengah tepatnya Meksiko. Tanaman marigold atau yang lebih dikenal di Indonesia sebagai bunga kenikir, bunga cocok botol, atau bunga tahi kotok juga banyak ditanam oleh masyarakat Indonesia karena tergolong adaptif terhadap lingkungan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi (Priyanka, *et al.*, 2013). Marigold memiliki bunga dengan kelopak yang saling bertumpukan seperti bola dunia, dengan ciri berwarna oranye, kuning hingga kuning keemasan.

Tanaman marigold memiliki nilai ekonomi yang dapat bersaing dengan jenis tanaman hias lainnya. Tanaman marigold tidak hanya dimanfaatkan sebagai tanaman hias taman, namun juga dimanfaatkan sebagai bunga persembahan, obat-obatan tradisional serta fungisida alami. Keindahan dan manfaat marigold yang beraneka ragam ini mendukung tanaman marigold untuk terus dikembangkan. Potensi pengembangan produksi tanaman marigold didukung oleh faktor kesesuaian iklim negara Indonesia sebagai negara beriklim tropis dengan tanah yang subur.

Dewasa ini, peminat tanaman hias terus meningkat. Umumnya, para penikmat tanaman hias lebih memilih tanaman hias yang memiliki keunikan dan daya tarik tersendiri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan minat dan nilai tanaman marigold di pasaran adalah dengan meningkatkan keragaman bentuk tanaman marigold melalui metode mutasi induksi iradiasi sinar gamma. Metode ini dinilai lebih efisien dibandingkan menggunakan metode pemuliaan tanaman konvensional, seperti dengan persilangan buatan. Penggunaan metode konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama, lebih sulit untuk memilih gen yang akan dijadikan target seleksi dan hasil variasi cenderung sedikit.

Penggunaan sinar gamma dalam metode mutasi induksi memiliki banyak keunggulan seperti penyinaran sinar kedalam sel tanaman lebih homogen dan mampu menghasilkan gen-gen baru pada tanaman (IAEA, 2009). Hasil radiasi mampu memunculkan modifikasi dalam sel-sel tanaman yang kemudian mengakibatkan adanya perubahan yang dapat diidentifikasi secara morfologi, anatomi atau molekuler. Tingkat mutasi yang dihasilkan bergantung pada jaringan, waktu serta dosis paparan yang diberikan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh keragaman varietas baru dengan memperhatikan perubahan karakteristik morfologis dan anatomis tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) sehingga tanaman marigold akan lebih banyak diminati oleh masyarakat luas ditengah banyaknya jenis tanaman hias.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada penelitian ini dilakukan uji pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan 5 tingkat dosis iradiasi dengan masing-masing sebanyak 5 kali ulangan untuk setiap perlakuan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari – September 2021. Proses iradiasi sinar gamma dilakukan di Sekolah Tinggi Teknik Nuklir (STTN) Yogyakarta. Adapun lokasi pengamatan dilakukan di Green House Kebun Biologi dan Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Subjek Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) dari Kebun Hilyawibisana, Magelang, Jawa Tengah. Adapun sampel dalam penelitian ini adalah biji tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) kering yang diiradiasi sinar gamma dengan dosis 0 Gy, 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy, dan 200 Gy.

Prosedur

Penelitian diawali dengan persiapan alat bahan, dilanjutkan proses iradiasi sinar gamma pada biji marigold kering menggunakan alat gamma irradiator Ob-Servo Ignis-08 pada dosis 0 Gy, 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy dan 200 Gy. Selanjutnya tahap penyemaian biji marigold yang telah diiradiasi, disemai dalam tray. Bibit marigold umur 16 hari dipindahkan dalam polybag untuk dilanjutkan tahap pemeliharaan. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman setiap pagi selama 2 hari sekali. Dilakukan pemberian insektisida “Furadan” untuk pengendalian hama. Tahap akhir yaitu uji pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap karakteristik morfologis (tinggi tanaman, jumlah daun, bentuk daun, bentuk ujung daun, kenampakan morfologis daun lainnya) dan anatomis (kerapatan stomata, kerapatan trikoma).

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

1. Data tinggi tanaman dan jumlah daun diambil setiap 2 minggu sekali sejak tanaman marigold berumur 8 MST hingga 20 MST. Tinggi tanaman diukur dari permukaan media tanah hingga ujung daun tertinggi. Adapun jumlah daun dihitung dengan menghitung jumlah per helai.

2. Data warna daun, bentuk daun, bentuk ujung daun dan kenampakan morfologis daun lainnya diambil saat tanaman marigold berumur 14 MST.
3. Data kerapatan stomata dan kerapatan trikomata dilakukan diakhir penelitian menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x10 untuk pengamatan stomata dan 10x10 untuk pengamatan trikomata. Kerapatan stomata dan trikomata dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{jumlah stomata}}{\text{luas bidang pandang}}$$

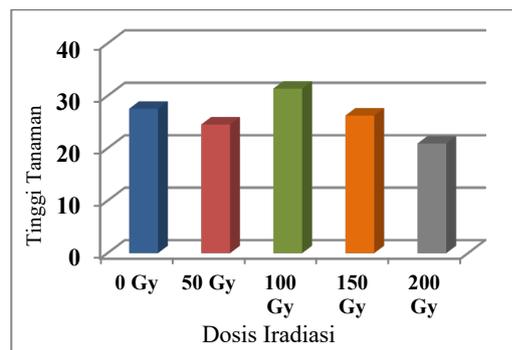
$$\text{Kerapatan trikomata} = \frac{\text{jumlah trikomata}}{\text{luas bidang pandang}}$$

Teknik Analisis Data

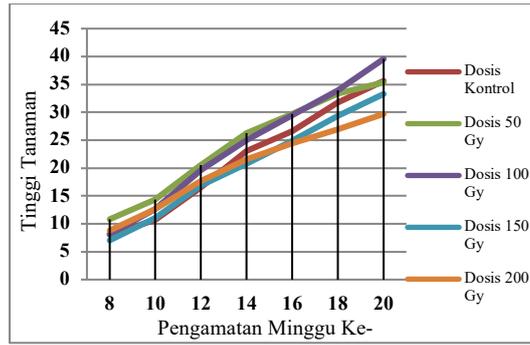
Data tinggi tanaman, jumlah daun, kerapatan stomata, dan kerapatan trikomata dianalisis dengan SPSS 26 menggunakan uji One Way ANOVA untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap karakteristik morfologis dan anatomis tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.). Apabila hasil perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan analisis uji lanjut dengan menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5%. Adapun data warna daun, bentuk daun dan bentuk ujung daun serta perubahan morfologis daun lainnya dianalisis secara deskriptif dengan berupa penjabaran secara visual serta membandingkan tanaman kontrol dengan tanaman iradiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil



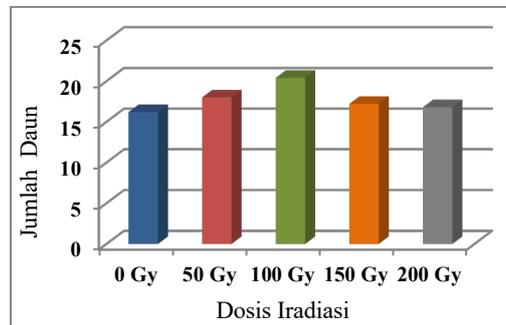
Gambar 1. Diagram Batang Rata-rata Tinggi Tanaman Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma.



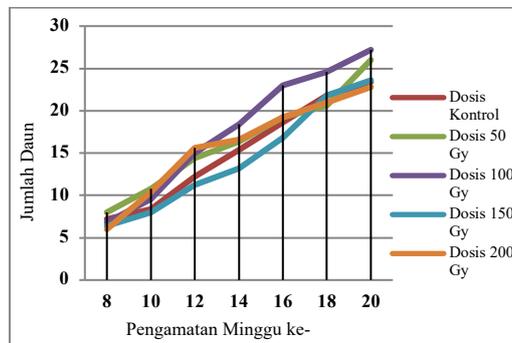
Gambar 2. Diagram Garis Pola Laju Rata-rata Tinggi Tanaman Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma.

Tabel 1. Uji Lanjut DMRT terhadap Tinggi Tanaman

		Tinggi Tanaman		
Dosis	N	Nilai alfa = 0.05		
		1	2	3
200	5	20.900		
50	5	24.540	24.540	
150	5		26.240	26.240
0	5		27.540	27.540
100	5			31.380
Sig.		.140	.245	.052



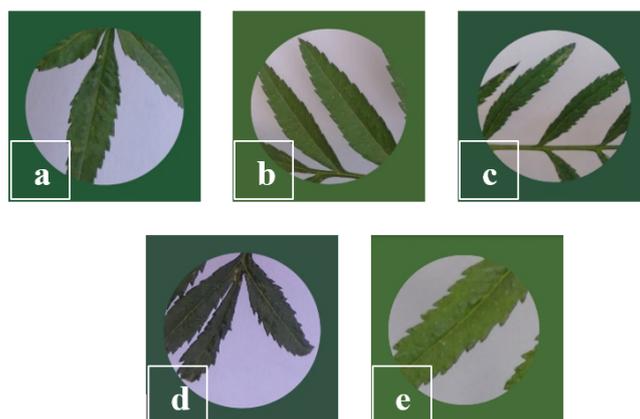
Gambar 3. Diagram Batang Rata-rata Jumlah Daun Hasil Iradiasi Sinar Gamma



Gambar 4. Diagram Garis Pola Laju Rata-rata Jumlah Daun Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma.

Tabel 2. Warna Daun Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Dosis (Gy)	Warna daun
0	N134A
50	141A
100	135A
150	136A
200	141B



Gambar 5. Warna Daun Marigold

Ket: (a) perlakuan kontrol (b) 50 Gy (c) 100 Gy (d) 150 Gy (e) 200 Gy.

Tabel 3. Bentuk Daun Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma

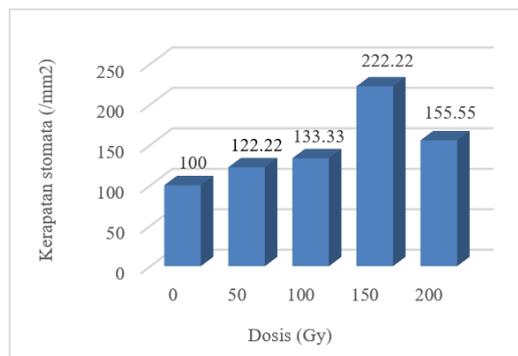
Dosis (Gy)	Bentuk daun	Jumlah	Jumlah total	Persentase
0	Lanset bergerigi	77	77	100%
50	Lanset bergerigi	82	82	100%
100	Lanset bergerigi	22	92	23,9%
	Linier bergerigi	70		76,1%
150	Lanset bergerigi	15	66	22,73%
	Linier bergerigi	51		77,27%
200	Lanset bergerigi	56	83	67,5%
	Lanset bergerigi sedikit melengkung	27		32,5%

Tabel 4. Bentuk Ujung Daun Marigold Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Dosis (Gy)	Bentuk ujung daun	Jumlah	Jumlah total	Persentase
0	Runcing	77	77	100%
50	Runcing	63	82	76,8%
	Meruncing	19		23,2%
100	Runcing	48	92	52,2%
	Meruncing	44		47,8%
150	Meruncing	66	66	100%
200	Runcing	42	83	50,6%
	Tumpul	29		34,9%
	Membulat	12		14,5%



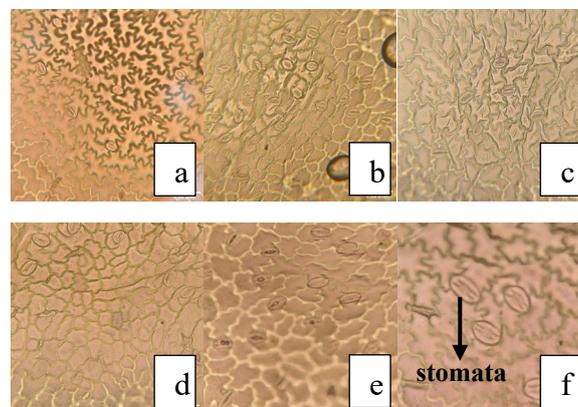
Gambar 6. Perubahan Morfologi Daun Marigold
ket: (a) daun tumbuh bergerombol (b) daun melengkung ke bawah



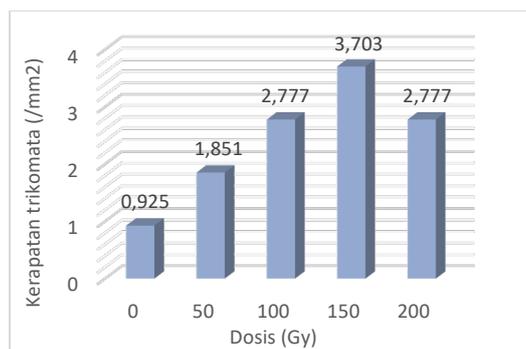
Gambar 7. Diagram Batang Kerapatan Stomata Permukaan Atas Daun Marigold

Tabel 5. Uji Lanjut DMRT terhadap Kerapatan Stomata

Dosis	N	Nilai alfa = 0.05		
		1	2	3
0	3	99.99		
50	3	111.1	111.1	
100	3	133.33	133.33	
200	3		148.14	
150	3			199.99
Sig.		0.081	0.056	1



Gambar 8. Kerapatan Stomata Daun Marigold
Ket: luas bidang pandang 30x30 mm (a) kontrol (b) 50 Gy (c) 100 Gy
(d) 150 Gy (e) 200 Gy (f) stomata



Gambar 9. Diagram Batang Kerapatan Trikoma Daun Marigold

Tabel 6. Uji Lanjut DMRT terhadap Kerapatan Trikoma

Dosis	N	Trikoma	
		Nilai alfa = 0.05	
		1	2
0	3	1.23367	
50	3	1.851	
200	3	1.851	
100	3	2.15967	
150	3		3.39433
Sig.		0.101	1

Pembahasan

A. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Karakteristik Morfologis Marigold (*Tagetes erecta* L.)

1. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Tinggi Tanaman

Hasil analisis One Way ANOVA menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap pertambahan tinggi tanaman marigold. Tinggi marigold terus meningkat dengan bertambahnya umur tanaman. Data rata-rata tinggi tanaman disajikan dalam bentuk diagram batang yang merupakan hasil selisih tinggi tanaman pengamatan minggu ke-20 dengan pengamatan minggu ke-8. Rata-rata tinggi tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) hasil iradiasi sinar gamma dapat dilihat pada Gambar 1.

Rata-rata tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) paling tinggi ditunjukkan oleh perlakuan dosis 100 Gy. Adapun tanaman dengan ketinggian paling rendah ditunjukkan oleh perlakuan dosis 200 Gy. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis yang digunakan maka semakin kurang optimal tinggi tanaman yang diperoleh. Menurut Cassaret (1968) menyatakan bahwa perlakuan iradiasi pada tanaman dapat menyebabkan enzim yang bertugas merangsang pertunasan menjadi tidak aktif, sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat.

Laju pertambahan tinggi tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) dari minggu ke minggu disajikan dalam bentuk grafik pertambahan tinggi seperti pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa tanaman marigold dari minggu ke minggu memiliki tren pertambahan tinggi tanaman dengan pola yang sama. Setiap minggu terjadi kenaikan tinggi tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) perlakuan iradiasi sinar gamma. Rata-rata terjadi kenaikan tinggi tanaman cukup signifikan pada minggu ke-10 menuju minggu ke-12. Diperkirakan pada umur tersebut jaringan meristem tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) hasil iradiasi sinar gamma lebih aktif membelah. Dari lima perlakuan diketahui bahwa perlakuan 100 Gy memiliki laju pertambahan tinggi tanaman paling cepat dibandingkan perlakuan lainnya.

Untuk menguji perbedaan nyata antar kelompok perlakuan dosis iradiasi sinar gamma pada tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) dilakukan dengan pengujian lanjutan DMRT pada taraf 5%. Perlakuan dosis 200 Gy merupakan kelompok perlakuan paling berbeda nyata dibandingkan empat kelompok perlakuan lainnya. Menurut Datta (2001) menyatakan bahwa pertumbuhan panjang tunas dapat terhambat hingga menjadi tidak aktif akibat pemberian dosis iradiasi yang terlalu tinggi pada tanaman.

2. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Jumlah Daun

Daun merupakan bagian tumbuhan yang penting. Umumnya suatu tumbuhan memiliki sejumlah besar daun. Tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) memiliki daun majemuk menyirip ganjil.

Berdasarkan hasil analisis uji One Way ANOVA menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap pertambahan jumlah daun tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.). Rata-rata jumlah daun yang disajikan merupakan selisih jumlah daun pada pengamatan minggu ke-20 dengan pengamatan minggu ke-8 yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Rata-rata tanaman marigold dengan jumlah daun paling banyak ditunjukkan pada perlakuan marigold untuk membentuk daun. Hal ini terjadi akibat adanya penghambatan pembelahan sel tumbuhan. Menurut Broertjes dan van Harten (1988), kerusakan fisiologis akibat perlakuan iradiasi dosis tinggi dapat berupa penghambatan pembelahan sel, kematian sel, dan frekuensi pembentukan jaringan.

Pola laju pertambahan jumlah daun dari minggu ke minggu disajikan dalam bentuk grafik pola pertambahan rata-rata jumlah daun tanaman marigold *Tagetes erecta*

L. seperti Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa pada minggu ke-8 hingga minggu ke-20 tren penambahan jumlah daun marigold (*Tagetes erecta* L.) memiliki pola yang sama. Pertambahan jumlah daun marigold sejalan dengan pertambahan tinggi tanaman. Semakin tinggi tanaman maka akan semakin banyak pula jumlah daun yang terbentuk. Diketahui bahwa dari kelima perlakuan iradiasi sinar gamma, perlakuan 100 Gy memiliki laju pertambahan jumlah daun paling cepat dibandingkan daun perlakuan lainnya.

Pada minggu-minggu awal pengamatan terjadi penurunan jumlah daun yang disebabkan oleh layu dan patahnya sejumlah daun pada perlakuan kontrol, 50 Gy, 150 Gy dan 200 Gy. Sebelum layu, daun-daun tersebut umumnya memiliki bercak-bercak putih memanjang pada permukaan daunnya. Selain itu terdapat beberapa daun yang ujungnya menghilang serta pangkal daunnya patah akibat dimakan oleh serangga dan ulat.

3. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Warna Daun

Daun umumnya berwarna hijau, begitu juga pada daun marigold *Tagetes erecta* L. Pengambilan data karakteristik morfologis warna daun dilakukan saat berumur 14 MST. Daun yang dipilih merupakan daun yang berada pada posisi empat dari pucuk daun. Pengamatan warna daun menggunakan menggunakan RHS Colour Chart sebagai standar warna daun.

Semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma yang diberikan pada tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) maka menghasilkan warna daun yang semakin memucat atau menjadi hijau pudar. Warna daun pada perlakuan dosis tertinggi yaitu 200 Gy terlihat bahwa daun berwarna hijau muda kekuningan. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Wulan (2007) bahwa pada perlakuan iradiasi sinar gamma terhadap tanaman kembang sepatu menghasilkan perubahan warna daun menjadi cenderung lebih muda atau kekuningan dari warna normalnya. Penurunan tingkat warna daun hijau cenderung terjadi karena adanya kerusakan sel-sel kloroplas setelah terkena penyinaran sinar gamma. Namun pada tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) perlakuan 150 Gy menunjukkan warna daun hijau pekat. Warna daun marigold perlakuan 150 Gy merupakan daun dengan warna hijau paling pekat dibandingkan warna daun pada perlakuan lainnya. Hal ini dapat terjadi karena kerusakan fisiologis dalam metabolisme sel tanaman akibat adanya mutasi bersifat acak sehingga hasil iradiasi sulit diprediksi,

hal tersebut terjadi pada tanaman perlakuan 150 Gy. Selain itu Forster and Shu (2012) menyatakan bahwa dalam beberapa kasus, ekspresi gen dari organisme yang bermutasi dapat dipengaruhi oleh latar belakang genetik dan faktor lingkungan.

4. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Bentuk Daun, Bentuk Ujung Daun, Kenampakan Morfologis Daun Lain

Berdasarkan dari data hasil pengamatan menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma pada perlakuan 100 Gy, 150 Gy dan 200 Gy menyebabkan mutasi pada karakteristik morfologis daun marigold (*Tagetes erecta* L.). Hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan bentuk daun dan bentuk ujung daun.

Dari Tabel 3 diketahui bahwa pada karakteristik morfologis bentuk daun marigold *Tagetes erecta* L. pada umur 14 MST menunjukkan bahwa rata-rata bentuk daun pada setiap perlakuan memiliki bentuk daun lanset bergerigi, seperti bentuk daun marigold (*Tagetes erecta* L.) pada umumnya. Sedangkan 76,1% dari perlakuan 100 Gy dan 77,27% perlakuan 150 Gy memiliki bentuk daun marigold (*Tagetes erecta* L.) linier bergerigi. Pada perlakuan 200 Gy menunjukkan bentuk daun yang berbeda walaupun sama-sama berbentuk lanset namun sebanyak 32,5% daun berbentuk lanset bergerigi sedikit melengkung.

Perlakuan 150 Gy memiliki bentuk ujung daun meruncing dengan persentase sebesar 100%. Pada perlakuan dosis 200 Gy tersebut menunjukkan karakteristik morfologis ujung daun paling berbeda diantara perlakuan iradiasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keragaman bentuk daun dan ujung daun pada tanaman yang diberikan iradiasi sinar gamma. Keragaman yang muncul pada setiap individu tanaman bersifat acak.

Sejak marigold (*Tagetes erecta* L.) berumur 14 MST, pada tanaman perlakuan 150 Gy dan 200 Gy pada percabangan daun yang muncul mengalami perbedaan dibandingkan tanaman kontrol. Daun mulai tumbuh bergerombol pada satu percabangan. Selain itu daun yang awalnya tumbuh lurus berubah menjadi melengkung ke bawah pada bagian pertengahan daun menuju ujung daun.

Broertjes dan van Harten (1988) mengemukakan bahwa perubahan karakteristik morfologis suatu tanaman dan peningkatan keragaman dapat dipengaruhi oleh radiosensitivitas mutagen. Radiosensitivitas mutagen merupakan tingkat sensitivitas suatu tanaman terhadap paparan iradiasi yang dipengaruhi pula oleh genetik dan lingkungan, seperti suhu dan kelembaban. Oleh karena itu radiosensitivitas mutagen

berkaitan dengan dosis iradiasi sinar gamma yang tepat untuk diberikan pada tanaman target untuk menghasilkan tanaman mutan yang diinginkan. Pada pemberian dosis iradiasi sinar gamma yang tepat tanaman dapat tercipta keragaman varietas yang unggul.

B. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Karakteristik Anatomis Marigold (*Tagetes erecta* L.)

1. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Kerapatan Stomata

Pengamatan preparat epidermis daun marigold (*Tagetes erecta* L.) hasil iradiasi sinar gamma merupakan salah satu pengukuran karakteristik anatomis. Pengambilan data kerapatan stomata dilakukan diakhir penelitian. Pengamatan kerapatan stomata dilakukan menggunakan mikroskop pada perbesaran 40x10. Luas bidang pandang pada pengukuran kerapatan stomata daun marigold (*Tagetes erecta* L.) adalah 0,09 mm².

Pengamatan kerapatan stomata menggunakan metode cetakan epidermis daun memberikan gambaran yang cukup jelas. Stomata merupakan celah pada lapisan epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang umum disebut sebagai sel penutup atau sel penjaga. Stomata pada daun memiliki fungsi sebagai pengendalian proses pertukaran gas (CO₂ dan uap air) yang terjadi antara atmosfer dan daun. Stomata daun marigold *Tagetes erecta* L. berbentuk ginjal lonjong dengan tipe stomata anisositik, stomata dikelilingi oleh 3-4 sel tetangga yang memiliki ukuran berbeda dan tidak beraturan. Stomata pada daun marigold berada pada kedua permukaan daun baik pada permukaan atas maupun permukaan bawah atau disebut amfistomatik.

Berdasarkan hasil uji One Way ANOVA pada data kerapatan stomata menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma Co-60 berpengaruh terhadap kerapatan stomata permukaan atas daun marigold (*Tagetes erecta* L.). Data kerapatan stomata dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7, dapat diketahui bahwa kerapatan stomata permukaan atas daun paling rendah ditunjukkan oleh perlakuan kontrol. Adapun kerapatan stomata permukaan atas daun tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan 150 Gy. Semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan menunjukkan kerapatan stomata yang semakin tinggi kemudian turun kembali pada perlakuan dosis tertinggi yaitu 200 Gy. Menurut Mehri *et al.* (2009) mengemukakan bahwa stomata merespon perubahan lingkungan secara cepat dengan cara mengurangi dimensi dan area.

Penurunan kerapatan stomata pada dosis tertinggi (200 Gy) terjadi karena

adanya kerusakan pembentukan stomata pada sel yang peka terhadap paparan iradiasi tinggi. Menurut Qosim *et al.* (2007) induksi mutasi dapat menyebabkan perubahan anatomi seperti perubahan jumlah dan kerapatan stomata. Jumlah stomata yang rendah dapat mengindikasikan rendahnya jumlah CO₂ yang masuk ke tanaman sehingga mempengaruhi proses fotosintesis tanaman. Kerapatan stomata secara tidak langsung mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman akibat respon metabolisme sel tanaman.

Kerapatan stomata daun marigold (*Tagetes erecta* L.) perlakuan 150 Gy jauh berbeda dengan kerapatan stomata permukaan atas daun pada perlakuan lainnya. Kenaikan dosis iradiasi sinar gamma dapat mempengaruhi morfologis stomata yaitu menyebabkan kerusakan stomata, sehingga mempengaruhi jumlah stomata daun. Perubahan jumlah stomata juga akan mempengaruhi kerapatan stomata. Menurut Mugiono (1996) perubahan jumlah stomata daun dapat terjadi akibat adanya perubahan susunan genetik pada sel tanaman tersebut.

2. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Kerapatan Trikomata

Pengukuran kerapatan trikomata merupakan salah satu pengukuran karakteristik anatomis daun marigold (*Tagetes erecta* L.). Trikomata merupakan salah satu dari derivat epidermis daun paling luar. Trikomata pada umumnya berfungsi sebagai pelindung jaringan mesofil dari kehilangan panas, sebagai alat sekresi dan pelindung daun dari serangan hama penyakit tanaman. Bentuk trikomata yang dimiliki suatu daun akan mempengaruhi struktur permukaan daun tersebut. Pada trikomata yang banyak ditemukan pada permukaan bawah daun akan menyebabkan daun ketika diraba permukaan bawahnya menjadi lebih kasar dibandingkan pada permukaan atas daun.

Pengukuran kerapatan trikomata dilakukan di akhir penelitian bersamaan dengan pengamatan kerapatan stomata. Pengamatan kerapatan trikomata dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x10. Dari hasil pengamatan, trikomata daun umumnya ditemukan pada permukaan bawah daun marigold (*Tagetes erecta* L.).

Berdasarkan hasil analisis uji One Way ANOVA menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma berpengaruh nyata terhadap kerapatan trikomata permukaan bawah daun marigold (*Tagetes erecta* L.). Data kerapatan trikomata permukaan bawah daun marigold disajikan dalam bentuk diagram batang seperti pada Gambar 9.

Gambar 9. Diagram Batang Kerapatan Trikomata Daun Marigold

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa kerapatan trikomata tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan 150 Gy. Perlakuan iradiasi sinar gamma pada tanaman marigold

(*Tagetes erecta* L.) memiliki kerapatan trikomata daun yang lebih tinggi dibandingkan kerapatan trikomata pada tanaman marigold kontrol. Dari perlakuan 50 Gy hingga perlakuan 150 Gy terjadi peningkatan kerapatan trikomata permukaan bawah daun marigold (*Tagetes erecta* L.) hasil iradiasi sinar gamma. Jumlah trikomata dan kerapatan trikomata yang tinggi pada daun dapat meningkatkan fungsi pertahanan daun akan serangan jamur tepung (Wagner *et al.*, 2004).

Adapun pada perlakuan dosis iradiasi sinar gamma tertinggi yaitu 200 Gy terjadi penurunan kerapatan trikomata daun marigold (*Tagetes erecta* L.). Hal ini menunjukkan bahwa pada pemberian dosis iradiasi sinar gamma yang terlalu tinggi pada tanaman dapat menyebabkan kerapatan trikomata menjadi rendah. Hal ini dapat terjadi karena pada pemberian dosis iradiasi sinar gamma yang tinggi pada suatu tanaman dapat mengakibatkan terganggunya kinerja suatu sel tanaman sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan jaringan tanaman tersebut.

Pada pemberian dosis 200 Gy terhadap tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.) menyebabkan terganggunya metabolisme sel hingga kerusakan sel tanaman lebih besar. Untuk menguji perbedaan nyata antar kelompok perlakuan iradiasi sinar gamma dapat dilakukan uji lanjutan dengan uji DMRT pada taraf 5%.

Kerapatan trikomata yang tinggi pada tanaman menjadi bentuk perlindungan tanaman dari kerusakan jaringan (Fu *et al.*, 2013). Selain itu peningkatan kerapatan trikomata menjadi mekanisme adaptasi suatu tanaman dalam memenuhi asimilasi CO₂ yang penting untuk proses fotosintesis tanaman. Kerapatan trikomata dan kerapatan stomata secara tidak langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada dosis iradiasi sinar gamma yang tinggi menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman, penurunan kerapatan stomata dan kerapatan trikomata. Selain itu dosis iradiasi yang tinggi juga berpengaruh terhadap perubahan warna daun menjadi lebih pucat, pada bentuk daun, bentuk ujung daun dan kenampakan morfologis daun marigold lainnya yang berbeda dengan daun kontrol.

Pada perlakuan dosis 100 Gy menunjukkan laju pertumbuhan tinggi dan jumlah daun paling cepat. Pada perlakuan 150 Gy menunjukkan kerapatan stomata dan kerapatan trikomata paling tinggi. Adapun pada perlakuan 200 Gy menghasilkan tanaman mutan dengan bentuk daun dan ujung daun paling berbeda dari bentuk normalnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang dapat diberikan adalah dari penelitian ini diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan hingga ke pembungaan dengan memperhatikan kisaran waktu sehingga dapat diperhitungkan waktu penelitian dari awal hingga tanaman berbunga. Sebelum melakukan penelitian diharapkan peneliti dapat memperhatikan kembali lokasi untuk tumbuh kembang tanaman, misalnya banyak tidaknya hama dan terpenuhi tidaknya cahaya matahari yang masuk, sehingga tanaman dapat tumbuh optimal. Selain itu penelitian selanjutnya diharapkan memperhatikan musim, karena beberapa jenis tanaman pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh musim sehingga akan mempengaruhi hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Broertjes, C. & Van Harten, A. M. (1988). Applied Mutation Breeding for Vegetatively Propagated Crops. *Elsevier*. 345p.
- Cassaret, A. P. (1968). *Radiation Biology*. New Jersey: Prentice Hall Inc. Englewood Cliff.
- Datta, S. K. (2001). Mutation Studies on Garden Chrysanthemum: A Review. *Scientific Horticulture*. 7(1): 159-199.
- Forster B. P. & Shu, Q. Y. (2012). Plant Mutagenesis in Crop Improvement: Basic Terms and Applications. In: Shu. Q. Y., B. P. Forster, H. Nakagawa. ed. *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Austria: FAO/IAEA.
- Fu, Q., Yang, S. R. C., Wang, H. S., Zhao, B., Zhou, C. L., Ren, S. X., Guo, Y. D. (2013). Leaf Morphological and Ultrastructural Performance of Eggplant (*Solanum melongena* L.) in Response to Water Stress. *International Journal for Photosynthesis Research*. 51(1): 109- 114.
- IAEA. (2009). *Induced Mutation in Tropical Fruit Trees*. IAEA-TECDOC-1615. Plant Breeding and Genetics Section. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Mehri, N., Fotovat, R., Saba, J., Jabbari, F. (2009). Variation of Stomata Dimensions and Densities in Tolerant and Susceptible Wheat Cultivars under drought stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7: 167-170.
- Mugiono. (1996). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Mutasi Klorofil dan Variasi Genetik Ketahanan Penyakit Elaspada Padi Gogo. *Jurnal Zuriat*. 7:1.
- Priyanka, D., Shalini, T., Navneet. (2013). A Brief Study on Marigold (*Tagetes* species): A review. *International Research Journal of Pharmacy*. 4(1): 42-47.
- Wagner, G. J., Wang, E., Shepherd, R. W. (2004). New Approaches for Studying and Exploiting an Old Protuberance, the Plant Trichome. *Annals of Botany*. 93(1): 3-11.
- Wulan. (2007). Peningkatan Keragaman Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* Linn) melalui Mutasi Induksi dengan Iradiasi Sinar Gamma. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.