

EFEK INDUKSI MUTASI RADIASI GAMMA ^{60}Co PADA PERTUMBUHAN FISILOGIS TANAMAN TOMAT (*Lycopersicon esculentum L.*)

Gusti Ngurah Sutapa dan I Gde Antha Kasmawan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Jimbaran, Bali,
NGRmed@yahoo.com

ABSTRAK

EFEK INDUKSI MUTASI RADIASI GAMMA ^{60}Co PADA PERTUMBUHAN FISILOGIS TANAMAN TOMAT (*Lycopersicon esculentum L.*). Hampir seluruh jenis masakan di Indonesia menggunakan tomat (*Lycopersicon esculentum L.*) sebagai bahan dasar pembuatannya. Nilai gizi yang terkandung dalam tomat juga cukup tinggi, karena terdapat sejumlah kandungan vitamin yang diperlukan oleh tubuh manusia. Selain itu, tomat menjadi tanaman unggulan nasional komoditas hortikultura dan prioritas utama pada sejumlah provinsi di Indonesia. Demikian banyak manfaat dari tomat mengindikasikan bahwa produktivitas tomat harus segera ditingkatkan. Salah satu peningkatan dari segi kualitas dapat dilakukan dengan cara induksi mutasi dengan radiasi gamma Co-60. Induksi mutasi adalah perubahan genetik yang disebabkan oleh usaha manusia, salah satu caranya yaitu dengan bahan radioaktif. Radiasi gamma Co-60 dari pesawat IRPASENA dipaparkan pada biji tomat dengan perlakuan dosis 50, 100, 150, 200 dan 250 Gy. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap pertumbuhan fisiologis meliputi lebar daun, tinggi tanaman, jumlah buah dan berat basah buah tomat dari minggu-1 hingga panen. Hasil penelitian menunjukkan kurva pertumbuhan fisiologi tanaman tomat sesuai dengan kurva sigmoidal pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan fisiologis tanaman tomat optimal pada dosis radiasi gama Co-60 100 Gy. Pada dosis optimal tersebut pertumbuhan fisiologis tanaman tomat diketahui yang terbaik (unggul) dibandingkan pada dosis di bawah dan di atas 100 Gy maupun kontrol.

Kata kunci: Induksi mutasi, radiasi gamma Co-60, fisiologis tanaman tomat

ABSTRACT

The INDUCTION MUTATION EFFECTS OF ^{60}Co GAMMA RADIATION ON PHYSIOLOGICAL GROWTH OF TOMATO. Almost all types of cuisine in Indonesia are using tomatoes as the base material of manufacture. The nutritional value contained in tomatoes is also quite high, because there is a number of vitamin content required by the human body. In addition, the tomatoes in plants featured national horticultural commodity and priority on a number of provinces in Indonesia. So many benefits of tomatoes indicates that the productivity of tomatoes should be improved. One improvement in terms of quality can be done by means of mutation induction with gamma radiation of Co-60. Induction of mutations are genetic changes caused by human effort, one of them is by using radioactive materials. Gamma rays of Co-60 from the IRPASENA facility was exposed to tomato seeds at doses of 50, 100, 150, 200 and 250 Gy. And then measurements were conducted on the physiological growth of leaf width, plant height, number of fruit and wet weight of tomatoes from week 1 until harvest. The results showed a growth curve of tomato is in accordance with sigmoidal plant physiological growth curve. Optimal physiological growth of tomato plants was obtained at dose of gamma radiation of 100 Gy. At this optimal dose physiological growth of tomato plants is the best (superior) than in doses below and above 100 Gy and control.

Keywords: Induction of mutations, Co-60 gamma radiation, physiological of tomato plants

PENDAHULUAN

Komoditas Tomat (*Lycopersicon esculentum L.*) merupakan komoditas sayuran yang strategis dan memiliki nilai ekonomi penting bagi Indonesia. Banyaknya manfaat tomat dalam kehidupan manusia menyebabkan tingginya permintaan terhadap tomat itu sendiri sehingga peluang pasarnya terbuka secara luas, baik peluang pasar di dalam negeri maupun untuk tujuan ekspor. Beragamnya manfaat tomat ini tentu saja memberikan peluang kepada petani untuk membudidayakan tanaman tomat sebagai sumber penghasilan. Salah satu kegunaan tomat adalah untuk bahan masakan. Hampir seluruh jenis masakan di Indonesia menggunakan tomat sebagai bahan dasar

pembuatannya. Selain itu nilai gizi yang terkandung dalam tomat juga cukup tinggi, karena terdapat sejumlah kandungan vitamin yang diperlukan oleh tubuh manusia. Komponen utamanya berupa vitamin A, C dan D serta banyak mengandung serat. Pada bidang kesehatan manfaat tomat adalah sebagai pencegah penyakit sariawan, menghilangkan jerawat dan mencegah penyakit kanker. (Aisyah, 2014). Selain itu, tomat menjadi tanaman unggulan nasional komoditas hortikultura dan prioritas utama pada sejumlah provinsi di Indonesia. Namun, produktivitas tomat di Indonesia masih relatif rendah yaitu 16,61 ton/ha pada tahun 2013 dan mengalami penurunan pada tahun 2014 sebanyak 15,96

ton/ha (Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura, 2014).

Begitu banyak manfaat dari tomat mengindikasikan bahwa produktivitas tomat harus segera ditingkatkan. Salah satu peningkatan dari segi kualitas dapat dilakukan dengan cara induksi mutasi radiasi gamma Co-60. Induksi mutasi adalah perubahan genetik yang disebabkan oleh usaha manusia salah satu caranya yaitu dengan bahan radioaktif. Pemuliaan tanaman secara konvensional (banyak atau dalam jumlah besar) dilakukan dengan hibridisasi (perkawinan silang berbagai jenis spesies setiap tanaman), sedangkan pemuliaan secara mutasi dapat diinduksi dengan mutagen fisik atau mutagen kimia. Mutagen fisik adalah mutasi berupa bahan fisika, yang mana sumbernya berupa sinar alfa, beta dan gamma. Sedangkan mutagen kimia adalah mutasi yang mempunyai kemampuan untuk menyusup di antara basa nitrogen sehingga dapat mengganggu replikasi DNA. Pada umumnya mutagen fisik dapat menyebabkan mutasi pada tahap kromosom, sedangkan mutagen kimia umumnya menyebabkan mutasi pada tahapan gen atau basa nitrogen (Aisyah, 2006).

Induksi mutasi adalah salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan keragaman tanaman. Mutasi gen terjadi sebagai akibat perubahan dalam gen. Gen yang berubah karena mutasi disebut mutan. Mutasi memiliki arti penting bagi pemuliaan tanaman akibat radiasi gamma Co-60, yaitu (1) Radiasi memungkinkan untuk meningkatkan hanya satu karakter yang diinginkan saja, tanpa mengubah karakter yang lainnya. (2) Tanaman yang secara umum diperbanyak secara vegetatif pada umumnya bersifat heterozigot (bentuk genotipe yang terjadi pada individu) yang dapat menimbulkan keragaman yang tinggi setelah dilakukannya paparan radiasi. (3) Radiasi merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keragaman pada tanaman yang apomiksis (terbentuknya individu baru yang berasal dari biji yang tidak mengalami fertilisasi). Mutasi fisik juga dapat menghasilkan keragaman yang lebih cepat dibandingkan pemuliaan secara konvensional (banyak atau dalam jumlah besar). Pemuliaan dengan mutasi fisik, selain mempunyai beberapa keunggulan juga memiliki beberapa kelemahan, dimana sifat yang diperoleh tidak dapat diprediksi dan ketidakstabilan sifat-sifat genetik yang muncul terhadap generasi berikutnya. Berdasarkan pertimbangan tersebut, telah dilakukan penelitian terhadap efek induksi mutasi radiasi Gamma Co-60 pada pertumbuhan fisiologi tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum L.*) untuk meningkatkan kualitas.

DASAR TEORI

Efek Radiasi terhadap Tanaman

Radiasi adalah pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas, partikel, atau gelombang elektromagnetik (foton) dari suatu sumber energi (Ritonga, 2008). Radiasi dapat menginduksi terjadinya mutasi karena sel yang teradiasi akan dibebani oleh tenaga kinetik yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi atau mengubah reaksi kimia sel tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya perubahan susunan kromosom tanaman. Sinar

gamma adalah sebuah radiasi elektromagnetik yang diproduksi oleh radioaktivitas atau proses nuklir atau subatomik lainnya. Sinar gamma diproduksi oleh transisi energi karena percepatan elektron, karena beberapa transisi elektron memungkinkan untuk memiliki energi lebih tinggi dari beberapa transisi nuklir, ada tumpang-tindih antara apa yang kita sebut sinar gamma energi rendah dan sinar-X energi tinggi.

Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada bahan genetik (DNA maupun RNA), baik pada taraf urutan gen (disebut mutasi titik) maupun pada taraf kromosom. Mutasi pada gen dapat mengarah pada munculnya variasi-variasi baru pada spesies. Mutasi dibedakan menjadi mutasi kecil (mutasi gen) dan mutasi besar (mutasi kromosom). Mutasi kecil adalah perubahan yang terjadi pada susunan molekul gen (DNA). Sedangkan mutasi besar adalah perubahan yang terjadi pada struktur dan susunan kromosom. Mutasi gen disebut juga mutasi titik. Mutasi ini terjadi karena perubahan urutan basa pada DNA atau dapat dikatakan sebagai perubahan nukleotida pada DNA. Mutasi kromosom merupakan struktur didalam sel berupa deret panjang molekul yang terdiri dari satu molekul DNA yang menghubungkan gen. Kromosom memiliki dua lengan, yang panjangnya kadang sama dan kadang tidak sama, lengan-lengan itu bergabung pada sentromer (lokasi menempelnya *benang spindel* selama pembelahan mitosis dan meiosis). Pengaruh bahan mutagen, khususnya radiasi, yang paling banyak terjadi pada kromosom tanaman adalah pecahnya benang kromosom (*Chromosome breakage* atau *chromosome aberration*).

Sinar gamma juga dapat menekan pertumbuhan akar, batang, dan daun (pertumbuhan vegetatif). Dosis radiasi yang diberikan untuk mendapatkan individu yang memperlihatkan perubahan sifat (mutan) tergantung pada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan, dan bahan yang akan dimutasi. Pemanfaatan radiasi sinar gamma pada berbagai konsentrasi diharapkan mendapatkan jenis varietas unggul yang mempunyai karakter buah yang baik dari sebelumnya. Radiasi gamma dengan dosis yang terlalu tinggi dapat memberikan efek negatif langsung pada tanaman, karena dapat menyebabkan tanaman mati. Hal ini memperlihatkan bahwa semakin tinggi dosis radiasi gamma maka ketahanan hidup atau pertumbuhan dari tanaman semakin rendah, bahkan pada dosis lebih tinggi menyebabkan tanaman mati. Dosis radiasi yang digunakan untuk menginduksi keragaman sangat menentukan keberhasilan terbentuknya tanaman mutan. Broertjes dan Van Harten (1988) melaporkan kisaran dosis radiasi sinar gamma pada berbagai jenis tanaman hias, dan untuk tanaman anelir kisaran yang telah dicobakan berada pada selang yang masih cukup lebar, yaitu antara 25-120 Gy. Jika iradiasi dilakukan pada benih, pada umumnya kisaran dosis yang efektif lebih tinggi dibandingkan jika dilakukan pada bagian tanaman lainnya, yaitu berkisar 50-250 Gy (Harten, 1998). Semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H₂O) dalam materi yang diiradiasi, maka akan semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga tanaman menjadi lebih sensitif (Herison, *et al.*, 2008). Untuk itu maka perlu dicari dosis optimum yang dapat efektif

menghasilkan tanaman mutan yang pada umumnya terjadi pada atau sedikit dibawah nilai LD50 (*Lethal Dose* 50). LD50 adalah dosis yang menyebabkan 50% kematian dari populasi yang diradiasi.

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 sektor yang termutasi (Hammed et al., 2008).

Dari beberapa hasil penelitian tersebut, menunjukkan bahwa pemberian sinar gamma dengan konsentrasi tinggi secara umum dapat menurunkan persentase pertumbuhan tanaman. Penurunan persentase pertumbuhan tanaman akibat radiasi sinar gamma disebabkan oleh adanya efek deterministik. Efek deterministik adalah efek kematian sel yang disebabkan oleh paparan radiasi. Ini muncul karena dosis paparan radiasi yang diberikan di atas dosis ambang yang seharusnya diterima. Semakin tinggi dosis radiasi maka semakin tinggi efek deterministiknya. Tinggi tanaman merupakan sifat kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen. Karakter tinggi tanaman atau penurunan tinggi tanaman merupakan indikator yang paling umum yang digunakan untuk melihat efek mutagen baik fisik maupun kimia (Aisyah, 2006).

Penurunan tinggi tanaman atau tanaman menjadi kerdil karena pengaruh dosis yang tinggi akibatnya adanya gangguan fisiologis atau kerusakan kromosom yang diakibatkan oleh mutagen (radiasi sinar gamma) yang diberikan. Sinar gamma termasuk ke dalam radiasi pegion dan berinteraksi dengan atom atau molekul untuk memproduksi radikal bebas (kehilangan satu buah elektron dari pasangan elektron bebasnya) dalam sel. Radikal tersebut dapat merusak atau memodifikasi komponen yang sangat penting dalam sel tanaman dan menyebabkan perubahan sebagian dari morfologi, anatomi, biokimia dan fisiologi tanaman tergantung dari level radiasinya. Hal ini menunjukkan bahwa pemuliaan mutasi dapat menciptakan keragaman genetik pada karakter kuantitatif (Al Safadi et al., 2009).

Pemuliaan Tanaman

Pemuliaan tanaman merupakan ilmu pengetahuan yang bertujuan untuk memperbaiki sifat tanaman, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk menghasilkan varietas tanaman dengan sifat-sifat seperti (morfologi, fisiologi, biokimia, dan agronomi) serta tujuan ekonomi yang diinginkan. Pemuliaan tanaman akan berhasil jika di dalam populasi tersebut terdapat banyak variasi genetik. Variasi genetik dapat diperoleh dengan salah satu cara, yaitu induksi mutasi. Tanaman yang telah mengalami perubahan akibat terjadinya mutasi genetik disebut mutan sedangkan zat yang menyebabkan terjadinya mutasi disebut mutagen. Radiasi terhadap materi genetik tanaman tidak mengakibatkan tanaman atau produk tanaman tersebut menjadi bersifat radioaktif sehingga semua hasil pemuliaan tanaman dengan radiasi aman untuk

dikonsumsi manusia Pada umumnya mutagen fisik dapat menyebabkan mutasi pada tahap kromosom, sedangkan mutagen kimia umumnya menyebabkan mutasi pada tahapan gen atau basa nitrogen (Aisyah, 2006). Mutasi adalah suatu proses di mana suatu gen mengalami perubahan struktur. Mutasi memiliki arti penting bagi pemuliaan tanaman, yaitu (1) Iradiasi memungkinkan untuk meningkatkan hanya satu karakter yang diinginkan saja, tanpa mengubah karakter yang lainnya. (2) Tanaman yang secara umum diperbanyak secara vegetatif pada umumnya bersifat heterozigot yang dapat menimbulkan keragaman yang tinggi setelah dilakukannya iradiasi. (3) Iradiasi merupakan satu-satunya cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keragaman pada tanaman yang steril dan apomiksis. Mutasi juga dapat menghasilkan keragaman yang lebih cepat dibandingkan pemuliaan secara konvensional. Pemuliaan dengan mutasi, selain mempunyai beberapa keunggulan juga memiliki beberapa kelemahan, dimana sifat yang diperoleh tidak dapat diprediksi dan ketidakstabilan sifat-sifat genetik yang muncul pada generasi berikutnya (Syukur, 2000).

Aplikasi induksi mutasi dengan mutagen fisik dapat dilakukan melalui beberapa teknik, yaitu (a) iradiasi tunggal (*acute irradiation*), (b) *chronic irradiation*, (c) iradiasi terbagi (*fractionated irradiation*), dan (d) iradiasi berulang. Iradiasi tunggal adalah iradiasi yang dilakukan hanya dengan satu kali penembakan sekaligus. *Chronic irradiation* adalah iradiasi dengan penembakan dosis rendah, namun dilakukan secara terus-menerus selama beberapa bulan. Iradiasi terbagi adalah radiasi dengan penembakan yang seharusnya dilakukan hanya satu kali, namun dilakukan dua kali penembakan dengan dosis setengahnya sedangkan radiasi berulang adalah radiasi dengan memberikan penembakan secara berulang dalam jarak dan waktu yang tidak terlalu lama (Ritongga, 2008).

Dosis merupakan kadar dari sesuatu (kimiaawi, fisik, biologis) yang dapat mempengaruhi suatu organisme secara biologis, makin besar kadarnya, makin besar pula dosisnya. Dosis yang dipakai adalah sinar gamma Co-60. Pemberian dosis pada tanaman tomat memberikan efek pada pertumbuhannya, efek yang diberikan bisa berdampak positif dan berdampak negatif. Jika berdampak positif pada tanaman tomat, tomat akan berbuah besar, manis serta bisa mempercepat proses panen. Sedangkan dampak negatifnya adalah buah kecil, daun keriting. Pada tanaman tomat, biji atau benih akan diradiasi oleh sinar gamma Co-60. Hal yang harus diperhatikan saat meradiasi tanaman tomat adalah biji harus kering agar terjadi ionisasi langsung. Jika biji tidak kering maka akan terjadi ionisasi tidak langsung. Ionisasi langsung adalah radiasi yang diberikan tepat pada target, sedangkan ionisasi tidak langsung adalah radiasi yang tidak tepat pada target sehingga akan terjadi reaksi kimia yang memicu terjadinya radikal bebas sehingga tanaman akan sensitif. Dimana radiasi dapat menginduksi terjadinya mutasi karena sel yang teradiasi akan dibebani oleh tenaga kinetik yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi atau mengubah reaksi kimia sel tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya perubahan susunan kromosom pada tanaman.

Tanaman Tomat

Tomat (*Lycopersicon esculentum L*) merupakan tanaman asli dari Amerika Tengah dan Selatan. Tanaman ini bisa tumbuh optimal pada kisaran suhu 20-27 °C dan kelembaban antara 65% - 80% dengan curah hujan sekitar 750-1250 mg per tahun. Secara umum tomat tumbuh pada ketinggian 1-1500 m diatas permukaan laut. Tomat dikenal dengan berbagai nama, antara lain *tomaat* (Belanda); *pomme d'amut*, *tomate* (Prancis); *love apple* (Inggris); dan *tomato* (Italia). Di Indonesia tomat tersebar hampir diseluruh wilayah antara lain Sumatra, Kalimantan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan Sulawesi (Syukur, 2000).

Bagian – bagian tumbuhan tomat dapat dideskripsikan sebagai berikut (Aisyah, 2014) :

a. Akar

Tanaman tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, serta akar serabut yang berwarna keputih-putihan dan berbau khas. Perakaran tanaman tidak terlalu dalam, menyebar kesemua arah hingga kedalaman rata-rata 30 sampai 40 cm, namun dapat mencapai kedalaman hingga 60-70 cm. akar tanaman tomat berfungsi untuk menopang berdirinya tanaman serta menyerap air dan unsure hara dari dalam tanah. Oleh karena itu, tingkat kesuburan tanah dilapisan atas sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan produksi buah, serta benih tanaman yang dihasilkan.

b. Batang

Batang tanaman tomat berbentuk bulat, bercabang mulai dari ketiak daun yang berada dekat dengan tanah. Percabangan bagian bawah bertipe monopodial artinya batang tanaman dapat dibedakan sebagai batang utama dari cabang atau ranting yang lain. Batang pokok tanaman tomat terlihat lebih besar daripada cabangnya. Percabangan dibagian atas tanaman bertipe simpodial artinya percabangan tumbuhan antara batang pokok dengan percabangannya sulit dibedakan. Batang pokok tanaman tomat ada yang dapat tumbuh terus hingga mencapai ketinggian 2-3 meter, namun ada pula yang pertumbuhannya terhenti setelah muncul rangkaian bunga. Batang dan cabang tidak berkayu dan dibagian dalam batang hingga cabang terdapat empulur (bagian terdalam dari batang tumbuhan berpembuluh) berwarna hijau keputih-putihan. Kulit batang berwarna hijau dan berbulu. Selagi masih muda batang tanaman mudah patah, namun setelah tua menjadi kuat dan tidak mudah patah.

c. Daun

Daun tanaman tomat merupakan daun majemuk yang bersirip gasal, duduk daun teratur pada batang dan membentuk spiral dengan *phyllotary 2/5*. Daun berwarna hijau, berukuran panjang antara 15-30 cm dan lebar daun antara 10-25 cm. Tangkai daun berbentuk bulat, berukuran panjang antara 3 sampai 6 cm. Jumlah sirip daun antara 7-9, terletak berhadapan atau bergantian. Sirip daun bergerigi tidak teratur. Sirip besar terkadang ada yang bersirip lagi atau bersirip ganda. Panjang sirip daun antara 5-10 cm dan berbentuk sedikit menggulung ke atas. Daun tomat mengeluarkan bau yang khas jika diremas.

d. Bunga

Munculnya bunga tomat tidak tergantung pada fotoperiod (lamanya pencahayaan atau masa pencahayaan harian matahari). Bunga tomat merupakan bunga majemuk, terletak dalam rangkaian bunga yang terdiri atas 4 sampai 14 kuntum bunga, menggantung pada tangkai rangkaian bunga. Kedudukan rangkaian bunga beragam, ada yang terletak di antara buku, pada ruas, ujung batang, atau ujung cabang. Kelopak bunga berjumlah 6, berujung runcing, dan berwarna hijau. Mahkota bunga berjumlah 6, bagian pangkalnya membentuk tabung pendek berwarna kuning. Bunga tomat adalah bunga sempurna, memiliki benang sari, bakal buah, kepala putik, dan tangkai putik. Benang sari terletak mengelilingi putik, berjumlah 6, bertangkai pendek, dan berwarna kuning cerah.

e. Buah

Buah tomat adalah buah buah buni, selagi masih muda berwarna hijau dan berbulu serta relatif keras, setelah tua berwarna merah muda, merah, atau kuning, cerah dan mengilat, serta relatif lunak. Bentuk buah tomat beragam, antara lain yaitu : lonjong, pipih, oval, meruncing, dan bulat. Diameter buah tomat antara 2 sampai 15 cm, tergantung varietasnya. Jumlah ruang didalam buah juga bervariasi, ada yang hanya 2 seperti pada buah tomat cherry dan tomat roma atau lebih dari dua seperti tomat marmade yang beruang 8. Pada buah masih terdapat tangkai bunga yang beralih fungsi menjadi tangkai buah serta kelopak bunga yang beralih fungsi menjadi kelopak buah.

f. Biji

Pada setiap bakal buah tomat terdapat 250 – 1000 bakal biji. Dari jumlah tersebut, yang dapat berkembang menjadi biji sekitar 20 % - 50 %, tergantung dari varietas, teknik budi daya, dan lingkungan tumbuhannya. Biji tomat berbentuk seperti ginjal, berbulu, berukuran lebar 2 – 4 mm dan panjang 3 – 5 mm, dan berwarna coklat muda. Jumlah biji dalam setiap tomat beragam, tergantung dari varietas dan ukurannya. Pada umumnya setiap, 1 kg buah tomat berisi sekitar 4 g benih. Sementara, dalam setiap 1 g biji berisi 200 – 500 butir biji tomat. Biji kering yang disimpan dengan baik bisa bertahan selama 3 – 4 tahun.

Meningat faktor yang mempengaruhi produksi benih tomat, faktor perbanyakan bukanlah merupakan parameter yang tepat untuk menghitung produksi benih. Perhitungan produksi lebih mudah didekati dengan kelipatan pertanaman. Faktor perbanyakan tanaman tomat tipe *indeterminate* adalah 200 kali, sedangkan tanaman tomat tipe *determinate* adalah 50 kali.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Mei hingga bulan Agustus 2015. Lokasi penelitian dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) untuk radiasi biji tomat, sedangkan pengambilan data berupa pertumbuhan fisiologi tanaman tomat dilakukan di Lahan I Gusti Nyoman Merta, Desa Candikuning, Baturiti, Tabanan. Pengujian sampel keradioaktifan buah tomat hasil panen dilakukan di Sub Bidang Keselamatan Lingkungan,

Bidang Radioekologi, BATAN, Jalan Lebakbulus Raya
No.49 Jakarta.

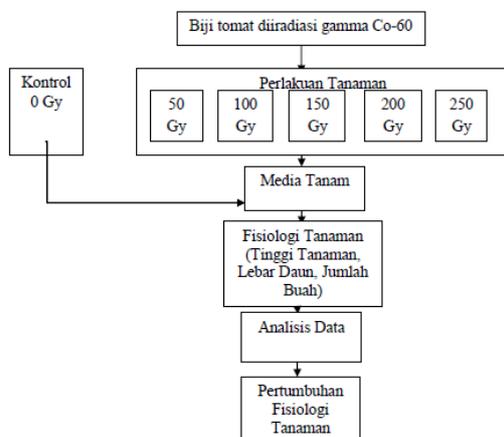
Prosedur Penelitian

Proses Radiasi Biji Tomat dengan Iradiator IRPASENA Co-60, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Biji tomat disiapkan sebanyak 180 biji, yaitu masing-masing 30 biji untuk kontrol, perlakuan dosis 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy, 200 Gy dan 250 Gy.
2. Penyinaran dilakukan menggunakan iradiator IRPASENA dengan sumber Co-60 dengan SSD (*Source Surface Distance*) konstan.
3. Setelah biji tomat diradiasi, disiapkan tempat berukuran 50 x 40 cm untuk pembibitan biji tomat.
4. Setelah tomat hidup dan berumur 1 minggu, tanaman tomat dipindahkan pada lahan yang sudah disiapkan dengan media meliputi pemasangan polybag, tanah subur.
5. Setelah berumur 1 bulan tanaman tomat diberi pupuk kandang, dan dilakukan pemasangan bambu yang bertujuan agar tanaman tumbuhnya ke atas.
6. Tanaman tomat yang sudah hidup diamati perkembangan fisiologinya berupa tinggi tanaman dan lebar daun. Kemudian suhu dan kelembabannya dicatat, suhu yang efektif untuk tanaman tomat antara 20-27°C dengan kelembaban antara 65% - 80%.
7. Tanaman tomat diamati pertumbuhannya setiap hari sampai tanaman berbuah sekitar 2-3 bulan.
8. Setelah tanaman berbuah tahap selanjutnya dilakukan pengukuran fisiologi tanaman seperti lebar daun, tinggi tanaman, jumlah buah dan berat basah buah baik untuk kontrol maupun perlakuan.
9. Dari semua perlakuan dosis radiasi dan hasil pengukuran fisiologi tanaman tersebut dapat diketahui pertumbuhan fisiologi tanaman tomat yang baik atau unggul.

Alur Penelitian

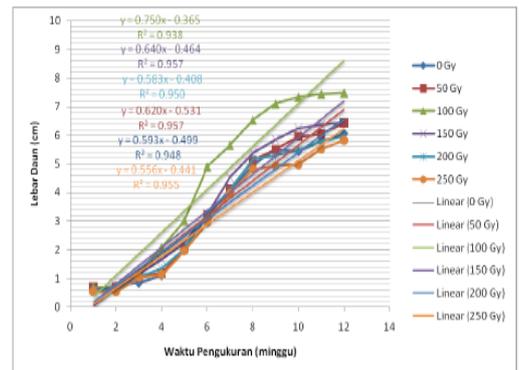
Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



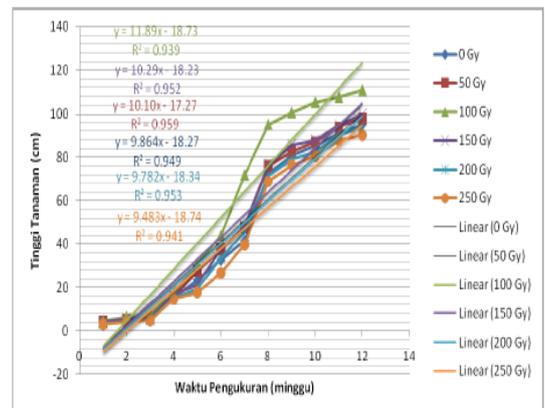
Gambar 1. Alur Penelitian, dari iradiasi gamma hingga pengamatan fisiologis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian telah dilakukan untuk menentukan efek induksi mutasi radiasi gamma C0-60 pada pertumbuhan fisiologi tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum L.*). Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2 yakni grafik efek radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologi lebar daun, Gambar 3 yakni grafik efek radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologi tinggi tanaman, dan Gambar 4 histogram efek radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologi jumlah buah dan Gambar 5 adalah histogram efek radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologi berat basah buah pada tanaman tomat dengan variasi dosis dalam Gy.



Gambar 2. Pertumbuhan fisiologi lebar daun tanaman tomat dari umur 1 minggu hingga 12 minggu untuk variasi dosis radiasi gamma Co-60.



Gambar 3. Pertumbuhan fisiologi tinggi tanaman tomat dari umur 1 minggu hingga 12 minggu untuk variasi dosis radiasi gamma ⁶⁰Co.

Secara umum peningkatan pertumbuhan fisiologis tanaman tomat baik untuk lebar daun dan tinggi tanaman menunjukkan kecenderungan yang sama terhadap kontrol maupun perlakuan. Pertumbuhan terjadi sangat lambat dari minggu-1 hingga minggu-5, mulai minggu-5 laju pertumbuhan meningkat dengan cepat sampai minggu-8 dan kembali melambat sampai masa panen. Gambar 2 dan Gambar 3 sesuai dengan kurva laju pertumbuhan tanaman secara umum yang disebut dengan kurva sigmoidal (Subekti, 2012). Kurva sigmoidal menunjukkan terjadinya tiga fase pertumbuhan pada tanaman yaitu fase inisiasi

adalah pertumbuhan lambat karena jumlah sel sedikit, fase sentral adalah jumlah sel meningkat sangat cepat karena besarnya pembelahan sel dan fase akhir adalah pertumbuhan menurun kemudian berhenti.

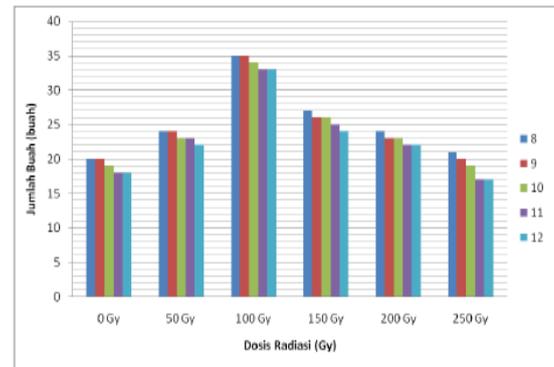
Peningkatan pertumbuhan fisiologi tanaman tomat terhadap dosis radiasi gamma paling besar terjadi pada dosis 100 Gy, sedangkan pertumbuhan fisiologis tanaman tomat terhadap dosis baik kontrol maupun perlakuan dosis 50 Gy, 150 Gy, 200 Gy dan 250 Gy menunjukkan peningkatan hamper sama. Hal ini didukung oleh hasil uji statistik yang menunjukkan bahwa dosis 100 Gy menghasilkan efek yang berbeda nyata ($p < 0,05$) pada tomat dibandingkan dengan dosis lainnya. Dosis dibawah 100 Gy belum memberikan efek terhadap tanaman tomat sedangkan dosis diatas 100 Gy meberikan tekanan terhadap pertumbuhan tanaman tomat sehingga pertumbuhan menjadi menurun. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Hammed et al. (2008) dimana 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 sektor yang termutasi.

Dari kedua grafik tersebut diatas dapat dinyatakan bahwa pertumbuhan fisiologis lebar daun dan tinggi tanaman yang tepat pada dosis radiasi gamma Co-60 100 Gy. Radiasi Gamma dosis tinggi dapat mengganggu sintesa protein, keseimbangan hormon, pertukaran gas pada daun, pertukaran air dan aktifitas enzim (Hammed, et al., 2008) dalam (Herison, et al., 2010). Kerusakan fisiologis dapat berupa kematian sel, terhambatnya pembelahan sel, peningkatan frekuensi pembentukan jaringan dan perubahan pada kapasitas bereproduksi. Selain itu juga dapat menyebabkan mutasi, sehingga daun berukuran lebih kecil dari yang tidak diberi perlakuan (Subekti, 2012). Harison, et.al (2008) menyatakan bahwa dosis sinar gamma yang lebih tinggi menyebabkan kerusakan sel dan mengalami kerusakan fisiologi.

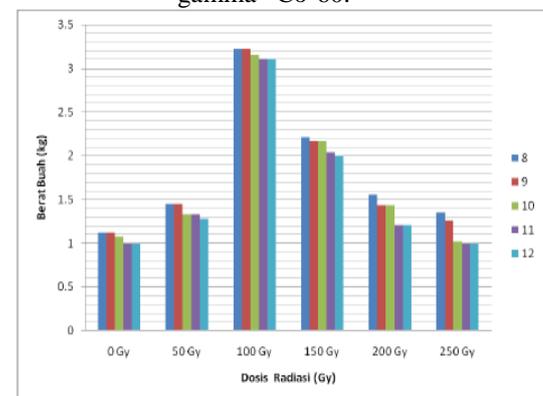
Hasil penelitian terhadaap pertumbuhan fisiologis ditinjau dari jumlah buah dan berat basah buah tomat seperti ditunjukkan Gambar 4 dan Gambar 5 memberikan pola histogram yang hampir sama. Jumlah buah kontrol hanya mencapai 20 buah per tandannya. Pemberian perlakuan dosis radiasi gamma Co-60 menunjukkan peningkatan jumlah buah hingga mencapai jumlah buah tertinggi pada dosis 100 Gy. Namun dengan peningkatan dosis radiasi di atas 100 Gy menunjukkan penurunan jumlah buah per tandannya. Dosis tertinggi 250 Gy menyebabkan penurunan jumlah buah hingga di bawah jumlah buah kontrol. Secara fisik makin tinggi dosis radiasi, pertumbuhan tanaman juga makin terhambat, baik tinggi maupun ukuran bagian bagian tanaman (Subekti, 2012).

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata ($p > 0,05$) pada lebar daun dan tinggi pohon tomat, namun terdapat perbedaan nyata pada jumlah buah ($p < 0,05$) antar dosis iradiasi yang diberikan

pada biji.



Gambar 4. Grafik jumlah buah mulai buah tumbuh pada minggu ke-8 (8) hingga buah tomat dipanen pada minggu ke-12 (12) untuk vareasi dosis radiasi gamma Co-60.



Gambar 5. Grafik berat buah tomat pada masing-masing dosis radiasi gamma Co-60 mulai minggu ke-8 (8) hingga minggu ke-12 (12).

Menurut Ismachin (1972), induksi dengan mutagen sebenarnya merupakan perlakuan yang bersifat merusak, bukan penyusunan, pengaturan, atau perekayasaan gen. Oleh karena itu, kerusakan yang terjadi berlaku umum, yakni semua sel akan rusak, sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman mengalami gangguan. Pada tanaman generasi pertama, yakni generasi perlakuan, tanaman mengalami kerusakan fisiologis. Dalam penelitian ini diperoleh peluang terjadinya kerusakan genetik yang ditunjukkan dengan perubahan sifat yang positif, tidak hanya kerusakan sel secara fisiologis. Pernyataan efek (sifat) positif terjadi pada dosis 100 Gy, sesuai dengan pendapat dari Ritonga (2008) pemberian dosis pada tanaman tomat memberikan efek pada pertumbuhannya, efek yang diberikan bisa berdampak positif dan berdampak negatif. Jika berdampak positif pada tanaman tomat, maka tanaman tomat akan berbuah besar, manis serta bisa mempercepat proses panen. Sedangkan dampak negatifnya adalah buahnya kecil, daun keriting dan pertumbuhan menjadi kerdil.

Demikian juga terjadi pada histogram berat basah buah tomat pada masing-masing dosis radiasi gamma Co-60 menunjukkan hasil yang hampir sama dengan jumlah buah tomat per tandannya. Berat basah buah tomat tertinggi tercapai pada dosis radiasi gamma Co-60 100 Gy hingga 3,2 kg per tandanya. Dibawah dosis 100 Gy

menunjukkan peningkatan berat basah buah dibandingkan kontrol, seperti ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Buah tomat control (0 Gy) dan tomat unggul (100Gy)

Dibawah dosis 100 Gy menunjukkan peningkatan berat basah buah dibandingkan kontrol. Sedangkan diatas dosis 100 Gy terjadi penurunan berat basah buah hingga hampir sama dengan berat basah buah kontrol. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Aisyah (2006), dimana penurunan berat buah tanaman tersebut dapat terjadi karena radiasi dapat menyebabkan rusaknya kromosom tanaman, sehingga mengakibatkan terganggunya tanaman tersebut. Ionisasi akibat radiasi dapat mengelompokkan molekul-molekul sepanjang jalur ion yang tertinggal karena radiasi yang dapat menyebabkan mutasi gen atau kerusakan kromosom. Menurut Al Safadi et al. (2000) penggunaan radiasi gamma dosis rendah dapat menstimulasi dan meningkatkan differensiasi sel.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan fisiologi tanaman tomat sesuai dengan kurva sigmoidal pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan fisiologi lebar daun, tinggi tanaman, jumlah buah dan berat basah buah tomat terjadi pada dosis radiasi gamma Co-60 optimal 100 Gy. Pada dosis optimal tersebut pertumbuhan fisiologis tanaman tomat yang terbaik (unggul) dibandingkan pada dosis dibawah dan diatas 100 Gy maupun kontrol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Aplikasi dan Radiasi BATAN. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Bapak Dr. Mukh Syaifudin dan Bapak Dr. Eko Pujadi di PTKMR BATAN serta semua staf yang telah membantu sepenuhnya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aisyah, S. I. 2006. *Mutasi induksi*, hal. 159 - 178. Dalam S. Sastrosumarjo (Ed.)
2. AlSafadi, B, N. MirAli dan M.T.E. Arabi. 2000. Improvement of garlic (*Allium sativum* L.) resistance to white rot and storability using gamma irradiation

- unduced mutation. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* 121: 599603. Sitogenetika Tanaman. IPB Press. Bogor.
3. Broettjes, C. and A.M.V. Harten. 1988. Application of Mutation Breeding Methods in The Improvement of Vegetatively Propagated Crops. *Elsevier*. Amsterdam. 316p.
4. Herison, C., Rustikawati, Sujono H. S., Syarifah I. A. 2008. Induksi mutasi melalui sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). *Akta Agrosia* 11(1):57-62.
5. Ismachin, M. 1988. *Pemuliaan tanaman dengan mutasi buatan*. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Jakarta: BATAN
6. Ritongga, A., Wulansari, A., 2008, *Pengaruh Induksi Mutasi Radiasi Gamma pada Beberapa Tanaman*, FAPERTA, IPB, Bogor.
7. Syukur, S. 2000. *Efek Iradiasi Gamma pada Pembentukan Variasi Klon dari Catharantus roseus [L.] Don*. Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi. Biochemistry Biotechnology Lab. Andalas University Padang. Padang. 33-37.
8. Subekti, N.A., Syafruddin, Efendi R., dkk. 2012. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung, <http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/empat.pdf>, diakses tanggal 27 Maret 2013.
9. Van Harten, A.M. 1998. Mutation breeding. Theory and Practical Application New York. Cambridge University Press. p. 342