

**PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA Co-60 TERHADAP
PERTUMBUHAN CABAI RAWIT (*Capsicum Frutescens L.*)**

SKRIPSI

Oleh:

MUHAMMAD ANAS MUBAROK

NIM. 13640034



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH RADIASI GAMMA Co-60 TERHADAP PERTUMBUHAN
CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens L.*)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

MUHAMMAD ANAS MUBAROK
NIM. 13640034

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH RADIASI GAMMA Co-60 TERHADAP PERTUMBUHAN
CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens L.*)**

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Anas Mubarak

NIM. 13640034

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 2018

Pembimbing I



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003



Mengetahui,
Dekan Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH RADIASI GAMMA Co-60 TERHADAP PERTUMBUHAN
CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens L.*)

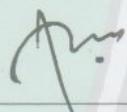
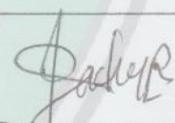
SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Anas Mubarak

NIM. 13640034

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 16 Mei 2018

Penguji Utama	: <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Irjan, M. Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Sekretaris Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Anggota Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Anas Mubarak
NIM : 13640034
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 17 Mei 2018
Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Anas Mubarak
NIM. 13640034

MOTTO

*Kalau Kamu Pergi, Pergilah Jauh.
Maka Yang Dekat Akan Terlampaui.
Jika Tujuanmu Mengejar Akhirat,
Dunia Akan Kamu Raih*

- KH. Imam Zarkasyi -



HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan lembaran ini untuk malaikat tanpa sayap yang telah ditugaskan Allah untuk menjagaku yaitu kedua orangtua dan segenap keluarga atas dukungan serta doa yang telah diberikan.

Para guru dan pembimbing yang telah mecurahkan segala keluasan ilmunya semoga menjadi ilmu yang manfaat Dunia dan Akhirat.

Semua teman-teman seperjuangan yang setia bersama ku hingga akhir.



KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*)** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Fisika yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi sains dan al-Qur'an serta hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan

ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahannya serta membantu selama proses perkuliahan.

7. Kedua orang tua dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman Fisika 2013 dan para sahabat terima kasih atas kebersamaan, persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Cabai Rawit	7
2.1.1 Budidaya Tanaman Cabai Rawit	8
2.1.2 Kendala Budidaya Cabai Rawit	11
2.1.3 Jenis-jenis Cabai Rawit	12
2.1.4 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit	14
2.2 Radiasi	15
2.2.1 Pengertian Radiasi	15
2.2.2 Radiasi Gamma	15
2.3 Interaksi Radiasi Gamma dengan Materi/sel	16
2.4 Efek Radiasi Terhadap Tanaman	24
2.5 Pemanfaatan Tanaman dalam Perspektif Islam	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.3 Rancangan Penelitian	29
3.4 Diagram Alir	31
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.5.1 Persiapan Bahan	31
3.5.2 Penyinaran Gamma	32
3.5.3 Penanaman	32
3.5.4 Uji Fisiologi Tanaman	32
3.5.5 Analisis Data	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Percobaan.....	36
4.1.1 Hasil Persiapan Bahan.....	36
4.1.2 Hasil Proses Penanaman Bibit Cabai	37
4.1.3 Hasil Proses Pengukuran Fisiologi Tanaman Cabai.....	38
4.2 Pembahasan.....	54
4.3 Pemanfaatan Tumbuhan Cabai dalam Perspektif Islam.....	57

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Gizi dalam tiap 100 gram Cabai Rawit	14
Tabel 3.1 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap tinggi cabai rawit.....	33
Tabel 3.2 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap banyak daun cabai rawit.....	34
Tabel 3.3 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap lebar daun cabai rawit.....	35
Tabel 4.1 Data hasil percobaan radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologis cabai rawit (<i>Capsicum frutescens L.</i>)	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Cabai Rawit Kecil	12
Gambar 2.2	Jenis Cabai Rawit Ceplik	13
Gambar 2.3	Jenis Cabai Rawit Putih.....	13
Gambar 2.4	Mekanisme efek fotolistrik	19
Gambar 2.5	Mekanisme hamburan Compton	20
Gambar 2.6	Proses terjadinya produksi pasangan.....	22
Gambar 2.7	Proses terjadinya pemisahan pasangan	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	Benih berada di dalam chamber alat untuk di radiasi	37
Gambar 4.2	Hasil pengujian pH tanah	38
Gambar 4.3	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 10	41
Gambar 4.4	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 20	42
Gambar 4.5	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 30	42
Gambar 4.6	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 40	43
Gambar 4.7	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 50	44
Gambar 4.8	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 60	44
Gambar 4.9	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 10.....	45
Gambar 4.10	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 20	46
Gambar 4.11	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 30	47
Gambar 4.12	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 40	47
Gambar 4.13	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 50	48
Gambar 4.14	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 10	49
Gambar 4.15	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 20	50
Gambar 4.16	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 30	51
Gambar 4.17	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 40	51
Gambar 4.18	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 50	52
Gambar 4.19	Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 60	53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Hasil Penelitian



ABSTRAK

Mubarok, Muhammad Anas. 2018. **Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*)**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I): Ahmad Abtokhi, M.Pd.; Pembimbing (II): Drs. Abdul Basid, M.Pd.

Kata Kunci: Radiasi Gamma, Cabai Rawit, *Capsicum Frutescens L.*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologi cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*). Parameter fisiologi dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman, banyak daun, dan lebar daun. Penelitian ini dimulai dari mempersiapkan bibit cabai yang akan digunakan sebagai objek utama pemaparan radiasi, kemudian bibit tersebut akan di papari radiasi sinar gamma menggunakan iradiator Gammacell 220 dengan sumber Co-60 dengan SSD (*Source Surface Distance*) konstan. Dosis paparan radiasi menggunakan interval variasi 25 Gy (mulai dari 25-125 Gy). Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan cabai dengan dosis 75 Gy memiliki pertumbuhan yang optimal. Hal ini dapat dilihat dari tinggi tanaman, banyak daun, dan lebar daun yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian dosis radiasi yang lain.

ABSTRACT

Mubarok, Muhammad Anas. 2018. Influence of Gamma Ray Radiation Co-60 Against the growth of cayenne pepper (*Capsicum Frutescens* l.). Thesis. Department of Physics Faculty of Science and Technology the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor (I): Ahmad Abtokhi, M.Pd; Pembimbing (II): Drs. Abdul Basid, M.Pd.

Keywords: Gamma Radiation, Cayenne Pepper, *Capsicum Frutescens* L.

This research was conducted to find out the influence of Co-60 gamma radiation towards the growth physiology of cayenne pepper (*Capsicum frutescens* l.). Physiology parameters in this study include higher plants, many width of leaves, and leaves. This research starts from preparing chili seedlings that will be used as the main object of exposure to radiation, then these seeds give gamma ray radiation using a Gammacell 220 irradiator with Co-60 source with SSD (Source Surface Distance) constant. Radiation exposure dose using interval variation 25 Gy (ranging from 25-125 Gy). Based on the results of research on the growth of Chili with a dose of 75 Gy has optimal growth. It can be seen from higher plants, many width of leaves, and the leaves are better compared to other radiation dosing.

ملخص البحث

مبارك ، محمد أنس. 2018. تأثير إشعاع الأشعة جاما Co-60 على نمو فلفل الحريف (*Capsicum Frutescens L.*). البحث الجامعي. قسم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. الاشراف: أحمد أبطخي ، الماجستير، والدكتور عبد الباسط، الماجستير

الكلمات الرئيسية: أشعة جاما ، فلفل الحريف ، *Capsicum Frutescens L.*

قد أجري هذا البحث لتحديد تأثير أشعة جاما Co-60 على نمو فسيولوجيا الفلفل الحريف (*Capsicum Frutescens L.*). تتضمن المعلومات الفسيولوجية في هذا البحث الارتفاع النبات ، وكثير الأوراق، وعرض الاوراق. بدأ هذا البحث من إعداد شتلات الفلفل الحريف الذي سيستخدم كهدف رئيسي للتعرض للإشعاع ، ثم ستعرض الشتلات لإشعاع أشعة جاما باستخدام جهاز تشعيع جاماسيل 220 مع مصدر Co-60 مع SSD (*Source Surface Distance*) مستمر. استخدم جرعات التعرض للإشعاع الاختلاف الفاصل 25 Gy (بدء من 25-125 Gy). استند إلى نتائج البحث على نمو الفلفل مع جرعة 75 Gy الذي لديه نمو الأمثل. وكان أن نظر من ارتفاع النبات والأوراق وعرض الاوراق المقارنة بالجرعات الإشعاعية الأخرى

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT menciptakan alam dan isinya mempunyai hikmah yang sangat besar, semuanya tidak ada yang sia-sia dalam ciptaan-Nya. Manusia diberikan kesempatan yang seluas-luasnya untuk mengambil manfaat dari semua yang di ciptakan-Nya. Allah berfirman dalam surat An-Naba' (78) ayat 15-16:

لِّنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا ﴿١٥﴾ وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا ﴿١٦﴾

“Supaya Kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tumbuh-tumbuhan, dan kebun-kebun yang lebat?” (An-Naba (78): 15-16).

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2004) melalui air yang banyak, baik, bermanfaat, lagi mengandung berkah, Allah tumbuhkan biji-bijian untuk manusia dan hewan. Ditumbuhkan sayur-sayuran yang dapat dimakan secara mentah, serta kebun-kebun yang menghasilkan berbagai macam buah-buahan yang beraneka ragam rasa dan baunya, yang adakalanya kesemuanya itu dapat dijumpai dalam satu kawasan tanah. Karena itulah maka disebutkan *alfafan*, yang menurut Ibnu Abbas dan lain-lainnya artinya lebat. Hal ini berarti sama dengan apa yang disebutkan di dalam ayat lain melalui firman-Nya:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَوِّرَاتٌ ۖ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ ۖ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ ۖ صِنَوَانٌ ۖ وَغَيْرُهُ
صِنَوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ ۖ وَنُفِضِلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ
لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٧﴾

“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanam-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanam-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berpikir” (Ar-Ra'd (13): 4).

Tumbuhan merupakan salah satu sumber daya alam yang penting, karena memiliki nilai khusus baik dari segi ekonomi. Tumbuhan merupakan tempat terjadinya sintesis senyawa organik yang kompleks menghasilkan sederet golongan senyawa dengan berbagai macam struktur. Tumbuhan cabai merupakan tanaman yang di butuhkan di dunia, rasa buahnya yang pedas merupakan ciri khasnya. Cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*) merupakan salah satu tanaman hortikultura dari famili *Solanaceae* yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena penggunaannya yang luas diantaranya sebagai bahan bumbu dapur, bahan industri saus, industri bubuk cabai, industri mie instan, sampai industri farmasi (Cahyono, 2003). Data yang dikeluarkan oleh Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian memperlihatkan suatu kecenderungan peningkatan konsumsi cabai rawit rumah tangga rata-rata naik sebesar 1,80% per tahun. Di tengah perkembangan ilmu dan teknologi, cabai merah mengalami permasalahan yang cukup serius. Harga cabai merah yang tidak stabil di pasaran membuat pengaruh yang besar bagi perekonomian Indonesia. Per tahunnya cabai rawit mengalami kenaikan harga yang tinggi yang mencapai Rp 80.000 hingga Rp 120.000 per kg dengan harga awal sekitar Rp 20.000 per kg (BPS, 2011). Kenaikan harga cabai disebabkan oleh anomali musim yang menyebabkan produktivitas cabai menurun. Hal ini seperti kurangnya sinar matahari, sehingga menyebabkan penyakit jamur,

kuning, dan patek. Musim hujan berkepanjangan yang terjadi pada tahun 2014 membuat produksi cabai di beberapa wilayah Indonesia mengalami penurunan drastis sehingga menyebabkan kenaikan harga.

Pemeliharaan dan perawatan tanaman cabai lebih rumit dibandingkan tanaman hortikultura lainnya, sehingga biaya perawatan tanaman cabai menjadi lebih mahal. Selain kebutuhan pupuk yang cukup serta penyemprotan untuk penanggulangan hama penyakit yang lebih sering, terutama apabila sering hujan. Tanaman cabai memerlukan sinar matahari yang cukup untuk berfotosintesis, sehingga pada musim hujan fotosintesis akan terhambat karena intensitas sinar matahari berkurang. Musim hujan yang berkepanjangan membuat produksi cabai turun drastis. Biaya produksi yang mahal dan tidak diimbangi oleh pendapatan yang baik menyebabkan terganggunya produksi cabai yang akhirnya berpengaruh pada kualitas cabai (BPS, 2011).

Pada dasarnya peningkatan mutu tanaman cabai rawit harus ditingkatkan. Salah satu peningkatan dari segi kualitas dapat dilakukan dengan 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 (morfologi, fisiologi, biokimia, dan agronomi) yang sesuai dengan sistem budidaya yang ada dan tujuan ekonomi yang diinginkan. Pemuliaan tanaman akan berhasil jika di dalam populasi tersebut terdapat banyak variasi genetik. Variasi genetik dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu koleksi, introduksi, hibridisasi, dan induksi mutasi (Crowder, 1986). Pemuliaan tanaman secara

konvensional dilakukan dengan hibridisasi, sedangkan pemuliaan secara mutasi dapat diinduksi dengan mutagen fisik atau mutagen kimia. Pada umumnya mutagen fisik dapat menyebabkan mutasi pada tahap kromosom, sedangkan mutagen kimia umumnya menyebabkan mutasi pada tahapan gen atau basa nitrogen. Istilah mutasi pertama kali digunakan oleh Hugo de Vries, untuk mengemukakan adanya perubahan fenotipe yang mendadak pada bunga *Oenothera lamarckiana* dan bersifat menurun. Perubahan tersebut terjadi karena adanya penyimpangan dari kromosomnya. Mutasi adalah suatu proses dimana 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 (Aisyah, 2006).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh I Gusti Agung Ngurah A. K. P, Dkk, pada tahun 2017 tentang “Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 Dalam Pemuliaan Tanaman Tomat dengan Metode Mutagen Fisik.” Pada penelitian ini mereka telah meneliti efek induksi mutasi radiasi gamma Co-60 pada pertumbuhan fisiologis tanaman tomat. Kualitas tanaman tomat dapat ditingkatkan dengan cara induksi mutasi radiasi gamma Co-60. Perubahan genetik dapat diakibatkan oleh induksi mutasi dengan bahan radioaktif sebagai salah satu usaha manusia. Pesawat IRPASENA dengan sumber radiasi gamma Co-60

dipaparkan dengan perlakuan dosis 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy, 200 Gy, dan 250 Gy pada biji tomat. Pengukuran terhadap pertumbuhan fisiologis seperti tinggi tanaman, lebar daun, jumlah buah, dan berat buah tomat dilakukan mulai minggu pertama hingga panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi yang tepat untuk pemuliaan tanaman tomat pada dosis 100 Gy. Selanjutnya konsentrasi keradioaktifan pada buah tomat yang unggul setelah dipaparkan radiasi adalah lebih kecil dari 1,00 Bq/kg. Jumlah kadar vitamin yang terkandung dalam buah tomat yang unggul pasca radiasi yaitu khususnya pada vitamin C 130,000 mg/kg, sedangkan pada buah tomat dosis 0 Gy yaitu 70,000 mg/kg, begitu juga vitamin B1 menunjukkan bila lebih besar 0,63 mg/kg dibandingkan dengan buah tomat dosis 0 Gy 0,496 mg/kg.

Berdasarkan literatur di atas, dengan melihat keadaan ekonomi masyarakat khususnya para petani, perlu adanya suatu tindakan untuk memuliakan tanaman. Salah satunya adalah cabai rawit. Agar cabai rawit mampu menghasilkan buah yang segar dan bermutu, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)”.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologis cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologis cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)

1.4 Batasan Masalah

1. Dilakukan variasi pemaparan dengan dosis 25-125 Gy dengan interval 25 Gy
2. Digunakan bahan radioaktif Cobalt 60 (Co-60) sebagai sumber radiasi
3. Digunakan *gamma cell 220* sebagai alat radiasi gamma
4. Dilakukan 4 kali pengulangan pada setiap pengujian
5. Digunakan bibit cabai rawit yang di ambil dari pohon yang sama
6. Penanaman dilakukan di dalam *polybag*
7. Digunakan media tanam yang dibuat dengan kandungan yang sama
8. Dilakukan penyiraman dengan volume yang sama
9. Dilakukan pemupukan dengan dosis yang sama
10. Dilakukan uji fisiologis cabai rawit yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa pemanfaatan radiasi gamma dalam pemuliaan tanaman
2. Memberikan kontribusi pengembangan ilmu dan teknologi terutama dalam bidang Biofisika.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Cabai Rawit

Cabe rawit (*Capsicum annum*) merupakan salah satu jenis rempah yang seringkali ditambahkan sebagai bumbu masakan karena rasanya yang pedas memberikan kesegaran, serta mengandung vitamin C yang bermanfaat bagi kesehatan. Hal ini dikarenakan kekhasan rasanya sehingga hampir semua orang menggunakan cabe. Selain sebagai bumbu juga dapat memberikan warna yang membuat orang yang melihat berselera. Kebutuhan sebagai bumbu memiliki indikator bahwa cabe diperlukan dalam jumlah yang besar.

Tanaman cabe merupakan tanaman perdu dari famili terong-terongan (*solanaceae*) yang memiliki nama ilmiah *Capsicum sp.* Cabe berasal dari benua Amerika tepatnya daerah Peru dan menyebar ke negara-negara benua Amerika, Eropa dan Asia termasuk Negara Indonesia. Selain di Indonesia, cabai juga tumbuh dan populer sebagai bumbu masakan di negara-negara Asia Tenggara lainnya. Cabai di Malaysia dan Singapura dinamakan *cili padi*, di Filipina *siling labuyo*, dan di Thailand *phrik khi nu*. Negara Kerala dan India, terdapat masakan tradisional yang menggunakan cabe rawit dan dinamakan *kanthari mulagu*. Dalam bahasa Inggris dikenal dengan nama *Thai pepper* atau *bird's eye chili pepper* (Poleng, 2011).

Buah cabe rawit berubah warnanya dari hijau menjadi merah saat matang. Meskipun ukurannya lebih kecil daripada varitas cabai lainnya, cabai dianggap cukup pedas karena kepedasannya mencapai 50.000 – 100.000 pada skala

Scoville. Cabe rawit biasa di jual di pasar-pasar bersama dengan varitas cabe lainnya.

Pada umumnya cabe dapat ditanam pada dataran rendah sampai ketinggian 2000 mdpl, serta menyukai daerah kering, dan ditemukan pula pada ketinggian 0,5-1.250 mdpl. Cabe dapat beradaptasi dengan baik pada temperatur 24–27 derajat Celsius dengan kelembaban yang tidak terlalu tinggi. Tanaman cabe dapat ditanam pada tanah sawah maupun tegalan yang gembur, subur, tidak terlalu keras dan cukup air. Permukaan tanah yang paling ideal adalah datar dengan sudut kemiringan lahan 0 sampai 10 derajat serta membutuhkan sinar matahari penuh dan tidak ternaungi, pH tanah yang optimal antara 5,5 sampai 7.

Tanaman cabe juga sangat bagus jika intensitas pengairannya cukup, tetapi apabila jumlahnya berlebihan dapat menyebabkan kelembaban yang tinggi dan merangsang tumbuhnya penyakit jamur dan bakteri, namun sebaliknya jika kekurangan air, tanaman cabe dapat kurus, kerdil, layu dan mati. Sehingga harus benar-benar diperhatikan tingkat pengairannya agar tak terlalu over. Pengairan dapat menggunakan irigasi, air tanah dan air hujan, sebaiknya menghadapi musim kemarau, kita membuat kolam penampung dari plastik di kebun kita agar pasokan air untuk tanaman dapat terjaga secara optimum (Polengs, 2011).

2.1.1 Budidaya Tanaman Cabai Rawit

Budidaya tanaman cabai rawit yang baik dan memiliki hasil produksi yang tinggi dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah dapat dilakukan dengan membajak atau mencangkul sedalam 25-30 cm hingga tanah menjadi gembur. setelah itu biarkan 7-14 hari untuk mendapatkan sinar matahari.

a. Pembuatan Bedeng

- Lebar bedeng 100-120 cm
- Tinggi bedeng 20-30 cm
- Jarak antara bedeng dengan bedeng lainnya 30-45 cm

b. Syarat pupuk kandang yang baik

- Tidak berbau
- Tidak panas
- Berwarna kehitam hitaman
- Benar-benar sudah matang

c. Jarak Tanaman Cabai Rawit

- 50 x 100 cm
- 60 x 70 cm
- 50 x 90 cm

d. Cara Pembuatan Jarak Tanaman

- Pasang tali kenca (pelurus) sejajar dengan panjang bedeng , kira-kira 10cm dari tepi bedeng
- Ukur jarak tanaman yang diinginkan pada sepanjang tali kencana tersebut

- Buat lubang tanaman sesuai dengan jarak tanaman tersebut, kemudian beri pupuk besar

2. Pesemaian

Pesemaian merupakan kegiatan untuk menghasilkan bibit tanaman atau calon tanaman yang baik. Adapun tahapan pesemaian adalah sebagai berikut:

a. Membuat bedeng atau tempat persemaian.

- Lebar bedeng 1-1,2 m
- Panjang bedeng 3-5 m
- Tinggi bedeng 15-20 cm

b. Penyemaian Benih

Kebutuhan benih untuk satu hektar berkisar antar 300-500 benih. Sebelum benih disemai atau ditabur, tempat pesemaian disiram merata.

Beberapa cara menyemai benih cabai rawit sebagai berikut:

- Semai bebas atau ditabur merata
- Semai dalam baris
- Semai berkelompok

3. Penanaman

Bibit tanaman cabai rawit yang telah berumur 1 bulan segera ditanam. penanaman sebaiknya pada sore hari agar tanaman tidak layu.

a. Ciri-ciri bibit yang siap tanam adalah sebagai berikut:

- Telah berumur satu bulan
- Tidak terserang hama dan penyakit

- Pertumbuhan tanaman seragam

b. Cara Penanaman

- Siram bibit yang akan ditanam
- Pilih bibit yang akan ditanam
- Lepaskan bumbung atau pelastik dari bibit
- Padatkan tanah disekeliling tanaman bibit yang telah dimasukan kelubang agar tidak rebah

4. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman berguna agar tanaman berada dalam kondisi terbaik. Cara melakukan pemeliharaan tanaman adalah sebagai berikut:

a. Penyiraman

Penyiraman dilakukan 2 kali sehari atau di sesuaikan dengan keadaan tanah.

b. Penyiangan

Rumput liar yang tumbuh disekita tanaman harus dicabut atau di siang dengan kored atau sabit.

c. Pemupukan

Jumlah pupuk yang dibutuhkan dalam satu hektar adalah:

- Urea = 200 kg
- TSP = 200 kg
- KCI = 150 kg

2.1.2 Kendala Budidaya Cabai Rawit

Kendala dalam proses budidaya cabai rawit, antara lain:

1. Hama yang sering menyerang tanaman cabai rawit adalah sebagai berikut :

- Tungau merah
- Kutu daun berwarna kuning
- Kutu gurem atau thrips

2. Tanda-tanda tanaman terserang diantaranya:

- Tanaman berwarna seperti perak
- Tanaman tampak pucat
- Daun menjadi layu

3. Pengendalian

- Cabut tanaman yang terserang berat
- Kumpulkan bagian tanaman yang terserang, lalu dibakar

2.1.3 Jenis-jenis Cabai Rawit

1. Cabai Kecil

Jenis cabai kecil atau sering disebut cabai *jemprit*. Cabai jenis ini memiliki karakteristik ukuran buah kecil, panjang 2-2,5 cm dan lebar 5 mm, serta berat 0,65 g/buah. Pada saat masih muda, buah berwarna hijau dan pada saat masak berubah menjadi merah (Rukmana, 2002).



Gambar 2.1. Jenis Cabai Rawit Kecil (Rukmana, 2002)

2. Cabai *Ceplik*

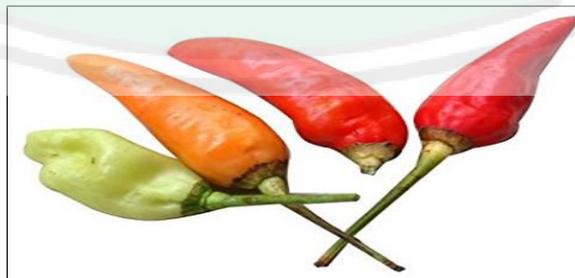
Cabai *ceplik* atau cabai hijau memiliki panjang 3-3,5 cm dan lebar 11 mm, serta berat 1,4 g/buah. Pada waktu masih muda, buah berwarna hijau dan berubah menjadi merah pada saat matang. Rasa buah pedas, tetapi masih kurang pedas jika dibandingkan dengan cabai kecil dan cabai putih (Rukmana, 2002).



Gambar 2.2 Jenis Cabai Rawit Ceplik (Rukmana, 2002)

3. Cabai Putih

Cabai putih memiliki ciri-ciri buah berbentuk bulat agak lonjong dan berukuran panjang 3 cm serta berat rata-rata 2,5 g/buah. Buah yang muda memiliki rasa yang kurang pedas, namun buah yang matang memiliki rasa pedas (Rukmana, 2002).



Gambar 2.3 Jenis Cabai Rawit Putih (Rukmana, 2002)

2.1.4 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit

Buah cabai rawit mengandung zat-zat gizi yang cukup lengkap, yakni protein, lemak, karbohidrat, mineral (kalsium, fosfor dan besi), vitamin A, B1, B2 dan C. Cabai rawit mengandung zat *oleoresin* dan zat aktif *capsaicin* yang dapat digunakan untuk mengobati penyakit rematik, obat batuk berdahak, sakit gigi, masuk angin, asma serta mencegah infeksi sistem pencernaan (Rukmana, 2002).

Tabel 2.1 Kandungan Gizi dalam tiap 100 gram Cabai Rawit (Rukmana, 2002)

Komposisi Zat Gizi	Proporsi Kandungan Gizi	
	Segar	Kering
Kalori (kal)	130,00	-
Protein (g)	4,70	15,00
Lemak (g)	2,40	11,00
Karbohidrat (g)	19,90	33,00
Kalsium (g)	45,00	150,00
Fosfor (mg)	85,00	-
Vitamin A (Si)	11.050,00	1.000,00
Zat Besi (mg)	2,50	9,00
Vitamin B ₁ (mg)	0,08	0,50
Vitamin C (mg)	70,00	10,00
Air (g)	71,20	8,00

2.2 Radiasi

2.2.1 Pengertian Radiasi

Radiasi merupakan setiap proses dimana energi bergerak melalui media atau melalui ruang, dan akhirnya diserap oleh benda lain. Orang awam sering menghubungkan kata radiasi ionisasi (misalnya sebagaimana terjadi pada senjata nuklir, reaktor nuklir, dan zat radioaktif), tetapi juga dapat merujuk kepada radiasi elektromagnetik (yaitu gelombang radio, cahaya inframerah, cahaya tampak, sinar ultra violet, dan X-ray), radiasi akustik, atau untuk proses lain yang lebih jelas. Radiasi adalah bahwa energi yang memancar (yaitu bergerak ke luar dalam garis lurus ke segala arah) dari suatu sumber. Geometri ini secara alami mengarah pada sistem pengukuran dan unit fisik yang sama berlaku untuk semua jenis radiasi (Handley,1997). Beberapa radiasi dapat berbahaya, namun radiasi juga banyak dimanfaatkan untuk kepentingan kesehatan seperti radioterapi. Selain untuk radioterapi pada saat ini radiasi telah dikembangkan sebagai metode untuk pengawetan bahan makanan, yang disebut sebagai teknik iradiasi. Iradiasi bertujuan untuk mengurangi atau bahkan membasmi mikroorganisme atau penyakit yang terbawa oleh makanan.

2.2.2 Radiasi Gamma

Sinar gamma adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang terpancar dari inti atom dengan energi yang sangat tinggi yang tidak memiliki massa maupun muatan. Sinar gamma ikut terpancar ketika sebuah inti memancarkan sinar alfa dan sinar beta. Peluruhan sinar gamma tidak menyebabkan perubahan

nomor atom maupun massa atom. Sinar gamma memiliki beberapa sifat alamiah berikut ini (Mostavan,1999):

1. Sinar gamma tidak memiliki jangkauan maksimal di udara, semakin jauh dari sumber maka intensitasnya semakin kecil.
2. Mempunyai daya ionisasi paling lemah.
3. Mempunyai daya tembus yang terbesar.
4. Tidak membelok dalam medan listrik maupun medan magnet

Radionuklida atau radioisotop adalah isotop dari zat radioaktif. Radionuklida mampu memancarkan radiasi. Radioisotop atau radionuklida dapat terjadi secara alamiah atau sengaja dibuat oleh manusia dalam reaktor penelitian. Produksi radionuklida dengan proses aktivasi dilakukan dengan cara menembaki isotop stabil dengan neutron di dalam teras reaktor. Proses ini lazim disebut iradiasi neutron, sedangkan bahan yang disinari disebut target atau sasaran. Neutron yang ditembakkan akan masuk ke dalam inti atom target sehingga jumlah neutron dalam inti target tersebut bertambah. Peristiwa ini dapat mengakibatkan ketidakstabilan atom sehingga berubah sifat menjadi radioaktif. Banyak isotop buatan yang dapat dimanfaatkan antara lain ^{60}Co , ^{24}Na , ^{32}P , ^{51}Cr , ^{99}Tc dan ^{131}I .

2.3 Interaksi Radiasi Gamma dengan Materi/Sel

Interaksi radiasi pengion dengan materi biologi diawali dengan interaksi fisika yaitu proses ionisasi. Elektron yang dihasilkan dari proses ionisasi akan berinteraksi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung bila energi elektron tersebut langsung diserap oleh molekul organik dalam sel yang secara biologik penting, seperti DNA. Secara tidak langsung bila terlebih dahulu terjadi

interaksi radiasi dengan molekul air dalam sel yang efeknya kemudian akan mengenai molekul organik yang penting. Interaksi secara fisika-kimia ini dapat menimbulkan kerusakan sel lebih lanjut yang akhirnya menimbulkan efek biologik yang dapat diamati.

Interaksi dengan sel, kerusakan terjadi pada DNA dan kromosom sel sangat bergantung pada proses perbaikan yang berlangsung. Bila proses perbaikan berlangsung dengan baik dan tepat atau sempurna, dan juga tingkat kerusakan yang dialami sel tidak terlalu parah, maka sel bisa kembali normal seperti keadaan semula. Bila proses perbaikan berlangsung namun tidak tepat maka sel tetap dapat hidup tetapi mengalami perubahan. Bila tingkat kerusakan sel sangat parah maka sel akan mati. Tingkat kerusakan sel akibat radiasi sangat bervariasi bergantung kepada tingkat sensitifitas sel terhadap radiasi. Sel yang paling sensitif adalah kulit dan sel yang mudah rusak akibat pengaruh radiasi adalah sel otak (Cherveney, 2013).

Selain itu tiga proses utama apabila sinar gamma melewati suatu bahan yaitu efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan. Ketiga proses tersebut melepaskan elektron yang selanjutnya dapat mengionisasi atom-atom lain dalam bahan. Peluang terjadinya interaksi antara radiasi gamma dengan bahan ditentukan oleh koefisien absorpsi linier (μ). Karena penyerapan intensitas gelombang elektromagnetik melalui tiga proses utama, maka nilai μ juga ditentukan oleh peluang terjadinya ketiga proses tersebut, yaitu μ_f untuk fotolistrik, μ_c untuk hamburan Compton dan μ_{pp} untuk produksi pasangan.

Koefisien absorpsi total (μ_t) dari ketiga koefisien tersebut adalah (Gautreau & Savin, 1999):

$$\mu_t = \mu_f + \mu_c + \mu_{pp} \dots\dots\dots 2.1$$

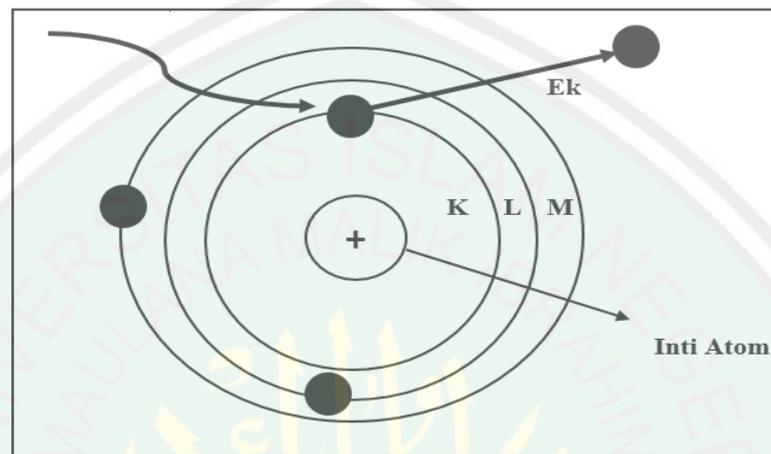
1. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom yaitu foton akan menumbuk elektron tersebut dan elektron terikat kuat maka elektron akan menyerap seluruh tenaga foton. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom dengan tenaga gerak sebesar selisih tenaga foton dan tenaga ikat elektron (Gautreau & Savin, 1999):

Efek fotolistrik terjadi karena interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan elektron-elektron dalam atom bahan, terutama terjadi pada foton berenergi rendah yaitu sekitar 0,01 MeV hingga 0,5 MeV dan dominan pada energi di bawah 0,1 MeV. Energi foton diserap sepenuhnya oleh elektron yang terikat kuat oleh suatu atom sehingga elektron tersebut lepas dari ikatan inti atom. Semakin besar energi foton maka elektron-elektron yang berada pada orbit lebih dalam akan dilepaskan. Elektron yang terlepas itu disebut foto elektron. Karena interaksinya terjadi dengan elektron yang terikat kuat, maka efek fotolistrik harus dianggap sebagai interaksi antara foton dan atom secara keseluruhan, bukan hanya dengan elektron saja (Kurniawan, 2008).

Dalam peristiwa efek foto listrik, foton yang mengenai materi akan diserap sepenuhnya dan salah satu elektron orbital akan dipancarkan dengan

energi kinetik yang hampir sama dengan energi foton yang mengenainya (Ainur, 2011).



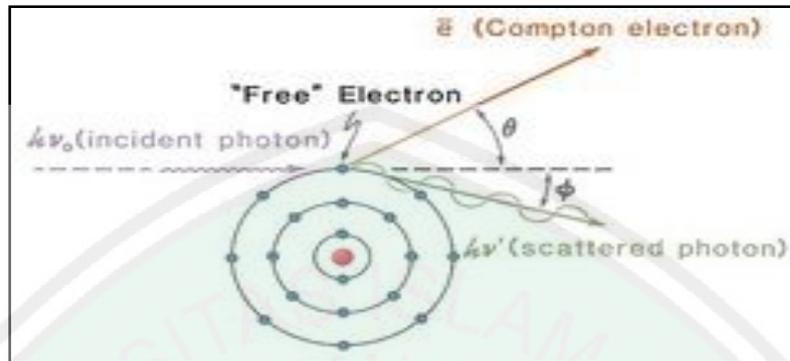
Gambar 2.4 Mekanisme efek fotolistrik (Gautreau & Savin, 1999)

2. Hamburan Compton

Peristiwa Hamburan Compton sangat menyerupai efek fotolistrik kecuali energi foton yang mengenai materi tidak diserap sepenuhnya sehingga masih ada sisa energi foton yang dipantulkan atau dibelokkan (Ainur, 2011).

Hamburan Compton terjadi apabila foton dengan energi $h\nu$ berinteraksi dengan elektron bebas atau elektron yang tidak terikat secara kuat oleh inti, yaitu elektron yang berada pada kulit terluar dari atom. Terjadi pada foton yang berenergi antara 200 keV hingga 5 MeV dalam sebagian besar unsur-unsur ringan (Amsori, 2009).

Elektron dilepas dari ikatan inti atom dan bergerak dengan energy kinetik tertentu disertai foton lain dengan energi lebih rendah dibandingkan dengan foton datang. Foton lain itu disebut hamburan energy $h\nu'$ dan terhambur dengan sudut θ terhadap foton datang (Amsori, 2009).



Gambar 2.5 Mekanisme hamburan compton (Anonim, 2013).

Pada keadaan awal foton memiliki energi E yang diberikan:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots 2.2$$

Dengan momentum $p = E/c$, elektron pada keadaan diam memiliki energi diam m_0c^2 . Setelah hamburan foton memiliki energi E' dan momentum p' dan bergerak pada arah yang membuat sudut θ terhadap arah foton datang. Elektron memiliki energi total E_e dan momentum p_e dan bergerak pada arah yang membuat sudut α terhadap foton datang. Dalam interaksi ini berlaku persyaratan kekekalan energi dan momentum, yakni (Gautreau & Savin, 1999):

$$E_{awal} = E_{akhir}$$

$$E + m_e c^2 = E' + E_e \dots\dots\dots 2.3$$

$$(p_x)_{awal} = (p_x)_{akhir}$$

$$p = p_e \cos \alpha + p' \cos \theta \dots\dots\dots 2.4$$

$$(p_y)_{awal} = (p_y)_{akhir}$$

$$0 = p_e \sin \alpha - p' \sin \theta \quad \dots\dots\dots 2.5$$

Ketiga persamaan di atas untuk mengukur energy dan arah foton hambur, maka E_e dan α dieliminasi. Sudut α dihilangkan dengan menggabungkan persamaan momentum (Gautreau & Savin, 1999):

$$p_e \cos \alpha = p - p' \cos \theta$$

$$p' \sin \theta = p_e \sin \alpha$$

Selanjutnya kuadratkan dan dijumlahlah:

$$p_e^2 = p^2 - 2pp' \cos \theta + p'^2 \quad \dots\dots\dots 2.6$$

Dengan menggunakan hubungan relativistas antara energi momentum diperoleh:

$$E_e^2 = c^2 p^2 + m_e^2 c^4 \quad \dots\dots\dots 2.7$$

$$(E + m_e c^2 - E')^2 = c^2 (p^2 - 2pp' \cos \theta + p'^2) + m_e^2 c^4 \quad \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan melakukan penjabaran lebih lanjut diperoleh:

$$\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} = \frac{1}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \quad \dots\dots\dots 2.9$$

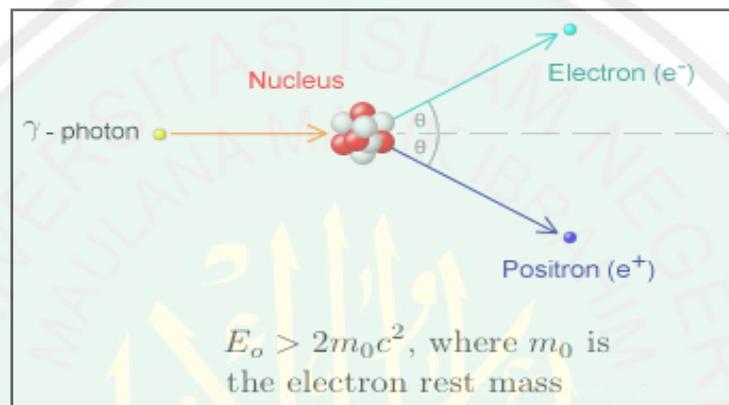
Atau bisa ditulis dengan:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \quad \dots\dots\dots 2.10$$

Kuantitas h/mc biasanya disebut panjang gelombang Compton, nilainya untuk sebuah elektron adalah $0,0234 \text{ \AA}$. Perhatikan bahwa perubahan panjang gelombang ini bergantung hanya pada sudut hamburan θ dan tidak bergantung pada energi foton datang (Gautreau & Savin, 1999).

3. Produksi Pasangan

Produksi pasangan terjadi karena interaksi antara foton dengan medan listrik dalam inti atom berat. Jika interaksi tersebut terjadi, maka foton akan lenyap dan sebagai gantinya akan timbul sepasang elektron-positron

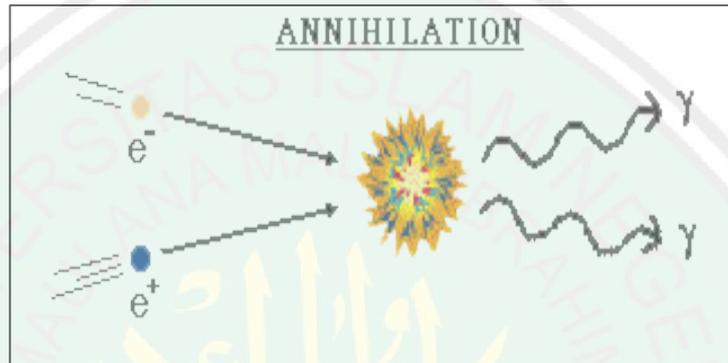


Gambar 2.6 Proses terjadinya produksi pasangan (Anonim, 2013).

Gambar 2.6 menyatakan bahwa untuk menggabungkan sebuah pasangan, foton datang harus memiliki energi yang setidaknya setara dengan energi diam pasangan tersebut, dan setiap kelebihan energi foton akan muncul sebagai energi kinetik partikel. Produksi pasangan tidak dapat terjadi di ruang hampa. Oleh karenanya terlihat kehadiran nukleus berat. Nukleus membawa sejumlah momentum foton datang, akan tetapi karena biasanya diabaikan terhadap energi-energi kinetik lompatnya, $K \sim p^2/2 M_0$, biasanya diabaikan terhadap energi-energi kinetik pasangan elektron-positron. Dengan demikian, kekekalan energi dapat diterapkan dengan mengabaikan nukleus berat, sehingga menghasilkan (Gautreau & Savin, 1999):

$$h\nu = m_e c^2 + m_e c^2 = K_+ + K_- + 2m_0 c^2 \dots\dots\dots 2.11$$

karena positron dan elektron memiliki massa diam yang sama, $m_0 = 9,11 \times 10^{-31}$ kg. kebalikan proses produksi pasangan juga dapat terjadi yang dinamakan pemisahan pasangan.



Gambar 2.7 Proses terjadinya pemisahan pasangan (Anonim, 2013)

Peristiwa pemisahan pasangan terjadi bila positron berdekatan dengan electron dan keduanya saling mendekati di bawah pengaruh gaya tarik menarik dari muatan yang berlawanan. Kedua partikel tersebut musnah pada saat yang sama dan massa yang musnah tersebut menjadi energi dan foton sinar gamma yang tercipta. Sedikitnya dua foton harus dihasilkan untuk memenuhi kekekalan energi dan momentum. Adapun persamaan yang diperoleh (Gautreau & Savin, 1999):

$$E_{\text{awal}} = E_{\text{akhir}} \quad \text{atau} \quad K_+ + K_- + 2m_0c^2 = hv_1 + hv_2 \quad \dots\dots\dots 2.12$$

$$P_{\text{awal}} = P_{\text{akhir}} \quad \text{atau} \quad m_+v_+ + m_-v_- = \frac{h}{2\pi}k_1 - \frac{h}{2\pi}k_2 \quad \dots\dots\dots 2.13$$

Dengan k adalah vektor perambatan foton, $|k| = 2\pi/\lambda$. Berlawanan dengan produksi pasangan, ternyata pemisahan pasangan dapat dilakukan di ruang hampa dan prinsip-prinsip energi dan momentum dapat ditetapkan (Gautreau & Savin, 1999).

2.4 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. Radiasi dapat menginduksi terjadinya mutasi karena sel yang teradiasi akan terbebani 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 disebut sinar gamma energi rendah dan sinar-X energi tinggi (Ritongga, 2008)

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.

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 maupun kimia (Aisyah, 2006) 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 (Ritonga, 2008).

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 (Van Harten, 1998).

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 (Horison, dkk, 2008).

2.5 Pemanfaatan Tanaman Dalam Perspektif Islam

Allah Swt menciptakan manusia dan mengistimewakannya dari makhluk-Nya yang lain dengan nikmat akal yang dengannya dia dapat mengatur, meneliti dan berpikir tentang alam semesta yang ada di sekelilingnya. yang tak pernah mengenal akhir dan tak pernah diketahui permulaannya. Manusia dapat berpikir tentang benda yang ada disekitarnya yang diciptakan oleh Sang pencipta pertama, berupaya memanfaatkannya lalu mendapatkan makanan, obat-obatan, pakaian, minuman, tempat tinggal dan tempat berteduh (Mahran dan Mubasyir, 2006).

Tumbuhan merupakan salah satu dari ciptaan-Nya yang banyak manfaatnya kepada manusia. al-Qur'an menyebutkan bahwa sejumlah buah-buahan yang menurut ilmu pengetahuan modern memiliki khasiat untuk mencegah beberapa jenis penyakit. Buah-buahan yang memberikan manfaat pada tubuh manusia dalam berbagai cara, juga enak rasanya. Di dalam al-Qur'an, Allah SWT menyuruh manusia supaya memperhatikan keberagaman dan keindahan disertai seruan agar merenungkan ciptaan-Nya yang amat menakjubkan (Mahran dan Mubasyir, 2006). Firman Allah dalam Surat al-An'am (6) ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا
 نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ قِنَوانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّتِ مِنَ الْأَعْنَابِ
 وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي
 ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuhan-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan Kami keluarkan pula zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah, dan (perhatikan pula) kematangannya. Sesungguhnya, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (Q.S. al-An'am (6): 99).

Ayat di atas mengingatkan kepada kita tentang adanya tanda-tanda kekuasaan Allah Swt dalam dunia tumbuh-tumbuhan yang memang penuh dengan tanda-tanda yang menunjukkan keagungan dan keperkasaan-Nya. Semua jenis tumbuhan makan dan tumbuh dari sinar, karbon, hidrogen, nitrogen, fosfor, sulfur, kalium, kalsium, magnesium, dan besi. Meskipun makanannya sama, tanah telah menumbuhkan apel yang manis, *colocynth* yang pahit, kapsa yang lembut, kaktus yang berduri, gandum, *barley*, jeruk, kurma, anggur, buah ara, zaitun, dan delima. Demikianlah, dalam tanah yang sama, unsur makanan yang sama, dan air yang sama, biji-biji yang sangat kecil itu menumbuhkan ribuan jenis tumbuhan dan buah-buahan dengan aneka ragam bentuk, warna, bau dan rasa (Pasya, 2004).

Ayat ini juga menjelaskan bahwa Allah Swt menciptakan beragam jenis buah, setiap jenis buah memiliki rasa dan harum tersendiri meskipun

semuanya tumbuh di tanah yang sama dan diairi dengan air yang sama. Sebagaimana penciptaannya, bahwa buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan sumber-sumber vitamin dan nutrisi penting, juga mengajak manusia berakal untuk berfikir unsur- unsur khasiat yang diperlukan (mineral-mineral) yang bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Manusia merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari alam. Alam dengan sumber dayanya antara lain diciptakan untuk kebutuhan manusia. Sesungguhnya Allah Yang Maha Pemurah memberitahu kepada manusia makanan pokok dan bahan makanan yang bermanfaat baginya, sehingga manusia dapat memanfaatkannya untuk membangun jasmaninya, serta memperoleh energi yang ia butuhkan untuk berbuat dan beraktifitas (Mahran dan Mubasyir, 2006).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan November 2017 s.d. Januari 2018 bertempat di Desa Agel Kecamatan Jangkar Kabupaten Situbondo dan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Jakarta Selatan 12440.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Sumber radiasi Co-60
2. Gammacell 220
3. Bibit cabai rawit
4. Media tanam (Polybag)
5. Media tanam (lahan)
6. Penggaris
7. pH meter tanah

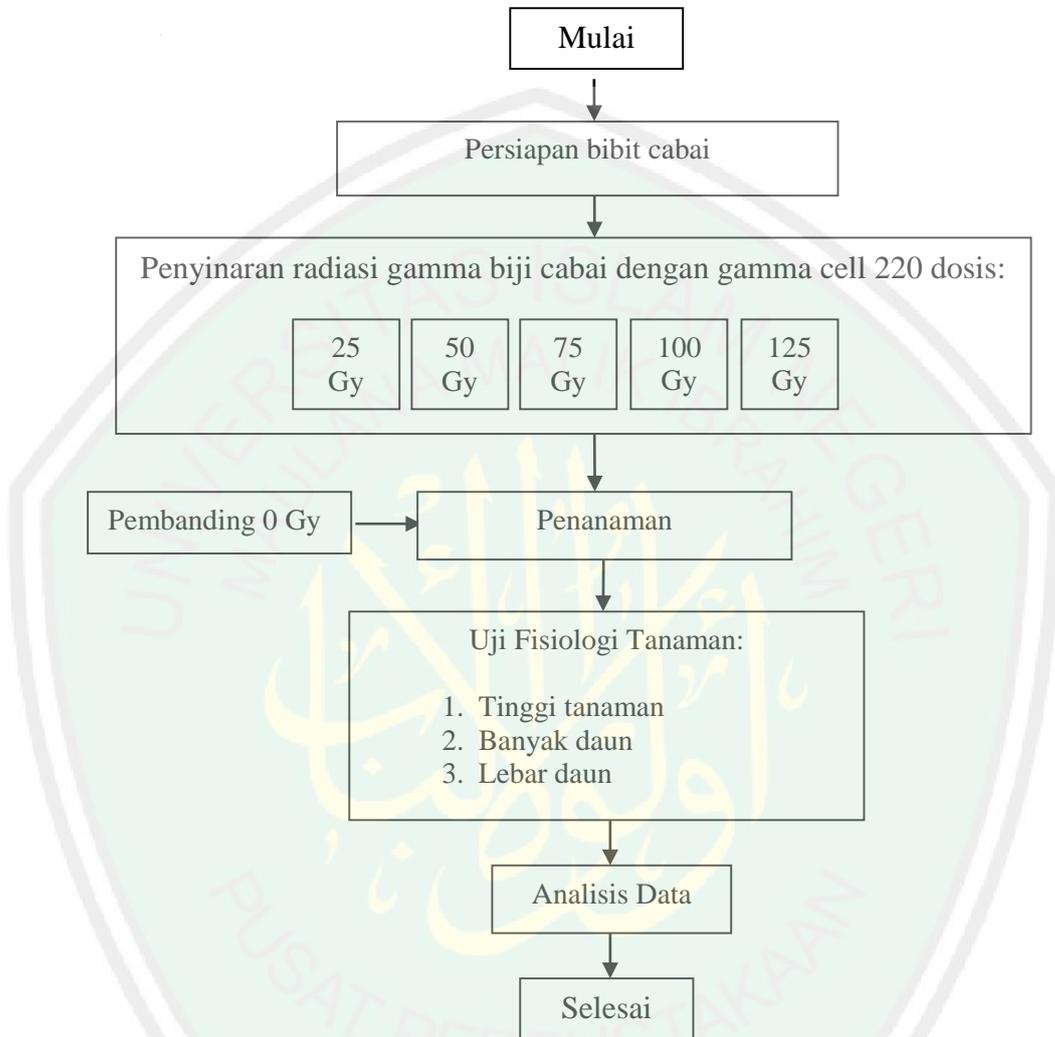
3.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu dimulai dari mempersiapkan bibit cabai yang akan digunakan sebagai objek utama pemaparan radiasi, kemudian bibit tersebut akan papari radiasi sinar gamma dengan iradiator Gammacell 220 dengan sumber Co-60 dengan SSD (*Source Surface Distance*) konstan, dengan dosis yang bervariasi (5 variasi dosis mulai dari 25 Gy-125 Gy). Sebagai pembanding, akan ada sebagian bibit yang tidak dipapari radiasi sinar gamma, agar diketahui perbedaan antara bibit yang dipapari radiasi sinar gamma

dengan bibit yang tidak dipapari sinar gamma. Kemudian setelah dilakukan pemaparan radiasi, bibit tersebut ditanam di media tanam dengan cara terpisah sesuai dengan perlakuan dosis radiasi yang diberikan. Tanaman cabai yang sudah tumbuh diamati perkembangan fisiologinya berupa tinggi tanaman, lebar daun, dan banyak daun. Data yang didapat kemudian dianalisis dengan cara melihat perbedaan antara kualitas cabai pada masing-masing perlakuan paparan dosis radiasi sinar gamma, kemudian dibandingkan dengan cabai yang tidak dipapari radiasi gamma.



3.4 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Bibit yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara manual dengan cara mengambil biji pada buah cabai pada pohon yang sama kemudian diproses hingga menjadi bibit cabai.

3.5.2 Penyinaran Gamma

1. Disiapkan alat *gamma cell 220* yang sudah terkalibrasi
2. Diletakkan biji cabai (sampel) ke dalam *chamber* pada alat *gamma cell 220*
3. Sampel ditembaki sinar gamma Co-60 pada dosis 25 Gy, 50 Gy, 75 Gy, 100 Gy, dan 125 Gy
4. Dimatikan alat dan diambil sampel yang sudah diradiasi

3.5.3 Penanaman

1. Disiapkan media tanam berupa *polybag* yang memiliki kandungan tanah yang sama pada setiap sampel
2. Ditanam biji cabai yang sudah dipapari radiasi gamma Co-60
3. Dilakukan 4 kali pengulangan pada setiap dosis yang berbeda
4. Dirawat hingga berbuah dan dilakukan pengujian

3.5.4 Uji Fisiologi Tanaman

1. Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman cabai dilakukan menggunakan penggaris setiap sepuluh hari yang di hitung semenjak awal penanaman bibit. Hasil pengukuran tersebut dapat disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap tinggi cabai rawit

No	Dosis Radiasi (Gy)	Tinggi Tanaman (cm)	Rata-Rata (cm)
1	0 (Kontrol)		
2	25		
3	50		
4	75		
5	100		
6	125		

2. Banyak Daun

Perhitungan banyak daun cabai dilakukan secara manual setiap sepuluh hari yang dihitung semenjak awal penanaman bibit. Hasil perhitungan tersebut dapat disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap banyak daun cabai rawit

No	Dosis Radiasi (Gy)	Banyak Daun	Rata-Rata
1	0 (Kontrol)		
2	25		
3	50		
4	75		
5	100		
6	125		

3. Lebar Daun

Perhitungan lebar daun cabai dilakukan secara manual setiap sepuluh hari yang dihitung semenjak awal penanaman bibit. Hasil perhitungan tersebut dapat disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.3 Data hasil pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap lebar daun cabai rawit

No	Dosis Radiasi (Gy)	Lebar Daun	Rata-Rata
1	0 (Kontrol)		
2	25		
3	50		
4	75		
5	100		
6	125		

3.5.5 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif, yaitu dalam bentuk tabel. Data yang diperoleh dari tabel dibentuk dalam bentuk grafik untuk mengetahui tinggi tanaman maksimal, lebar daun, dan jumlah daun terbanyak tanaman cabai rawit.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tentang pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologis cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*) dengan melakukan dilakukan beberapa tahap, yaitu dimulai dari mempersiapkan bibit cabai yang akan digunakan sebagai objek utama pemaparan radiasi, kemudian bibit tersebut akan papari radiasi sinar gamma dengan iradiator Gammacell 220 dengan sumber Co-60 dengan SSD (*Source Surface Distance*) konstan, dengan dosis yang bervariasi (5 variasi dosis mulai dari 25-125 Gy). Sebagai pembanding, terdapat sebagian bibit yang tidak dipapari radiasi sinar gamma, agar diketahui perbedaan antara bibit yang dipapari radiasi sinar gamma dengan bibit yang tidak dipapari sinar gamma. Kemudian setelah dilakukan pemaparan radiasi, bibit tersebut ditanam di media tanam dengan cara terpisah sesuai dengan perlakuan dosis radiasi yang diberikan. Tanaman cabai yang sudah tumbuh diamati perkembangan fisiologinya berupa tinggi tanaman, lebar daun, dan banyak daun.

4.1 Hasil Percobaan

4.1.1 Hasil Persiapan Bahan

Sampel utama pada penelitian ini adalah bibit cabai, bibit cabai ini diambil dari satu pohon cabai. Proses pengambilan biji cabai ini memerlukan beberapa perlakuan untuk mendapatkan bibit cabai yang bagus. Pertama beberapa buah cabai diambil kemudian dibusukan selama kurang lebih satu minggu, setelah buah cabai itu membusuk dilakukan proses pemisahan biji cabai dengan kulit buah

cabai dengan cara diblender. Setelah biji cabai diambil, kemudian biji cabai tersebut dikeringkan lagi selama dua hari. Biji cabai yang sudah dikeringkan harus dipilih biji yang bagus agar dapat menghasilkan tumbuhan cabai yang bagus dan bisa dipapari radiasi sinar gamma. Dalam proses penyinaran alat pengradiasi (Gamma Cell 220) dilakukan secara manual dan diatur pada panel otomatis sesuai dosis yang diinginkan.



Gambar 4.1 Benih berada di dalam chamber untuk di radiasi

4.1.2 Hasil Proses Penanaman Bibit Cabai

Proses penanaman bibit cabai ini dilakukan secara bersamaan terhadap variasi pemberian dosis radiasi sinar gamma pada bibit cabai. Setiap sampel (bibit cabai) yang sudah diradiasi sinar gamma tersebut ditanam pada polibag. Sebelum bibit cabai dimasukkan dalam polibag, hal yang dipersiapkan terlebih dahulu adalah tanah, proses pemilihan tanah dilihat dari kualitas tanah dengan mengukur pH tanah, hal ini dilakukan agar tanah yang ditanami bibit memiliki dosis yang sama. Tanah yang diambil adalah 4 sampel tanah dari satu petak sawah pada kedalaman 25 cm kemudian tanah tersebut dikompositkan. Setelah tanah tersebut dikomposit menjadi satu tanah dan di keringkan dengan cara dianginkan (tidak

boleh terkena sinar matahari langsung). Tanah kemudian diambil sebanyak 10 gr untuk dicampurkan dengan aquades sebanyak 5 ml kemudian diaduk selama 30 menit dengan menggunakan siker. Setelah tanah dan aquades tercampur merata, campuran tersebut didiamkan selama 15 menit lalu diukur pH tanahnya.

Proses pengukuran pH tanah ini dilakukan dengan menggunakan pH meter tanah. Sebelum melakukan pengukuran, pH harus dikalibrasi terlebih dahulu, kemudian di cari nilai pH tanah. Nilai pH tanah yang diperoleh ialah 7,7.



Gambar 4.2 Hasil pengujian pH tanah

Setiap bibit yang sudah diradiasi masing-masing ditanam pada 4 polibag sebagai bahan perbandingan, sehingga jumlah polibag yang disediakan sebanyak 24 polibag. Setiap satu polibag tersebut ditanami 1 bibit cabai. Kemudian diukur proses pertumbuhan (morfologi) tanaman cabai setiap selang waktu 10 hari.

4.1.3 Hasil Proses Pengukuran Fisiologi Tanaman Cabai

Pengukuran pertumbuhan tanaman cabai dibagi menjadi 3 bagian yaitu pengukuran tinggi tanaman, pengukuran lebar daun, serta pengukuran banyak daun. Pada saat tanaman cabai mulai tumbuh, tanaman cabai diukur mulai dari tinggi, banyak daun dan lebar daun dengan menggunakan penggaris setiap sepuluh hari yang dihitung semenjak awal penanaman bibit. Data hasil penelitian

kemudian dianalisis perbandingan kualitas pertumbuhan tanaman cabai yang diradiasi dengan sinar gamma Co-60 dalam 5 variasi dosis radiasi dengan pertumbuhan tanaman cabai tanpa paparan radiasi sinar gamma Co-60. Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

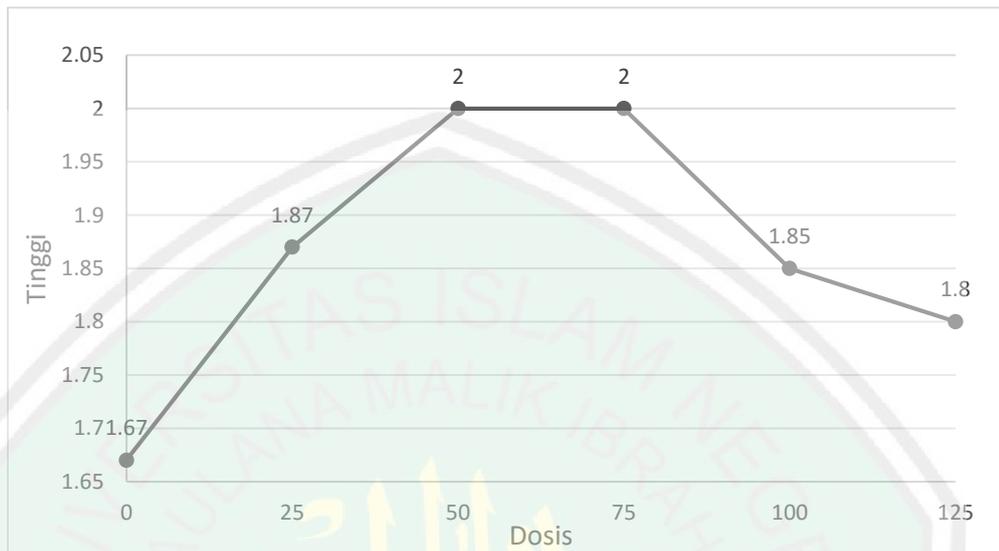
Tabel 4.1 Data hasil percobaan radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan fisiologis cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*)

No	Waktu Pengamatan	Dosis (Gy)	Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm)	Rata-Rata Lebar Daun (cm)	Rata-Rata Banyak Daun (buah)
1	20 November 2017	0	1.67	1	2
		25	1.87	1	2
		50	2	1	2
		75	2	1	2
		100	1.85	1	2
		125	1.8	1	2
2	30 November 2017	0	3.2	1.52	4
		25	4.5	1.6	4
		50	4.5	1.7	4.5
		75	4.92	1.82	4.5
		100	3.9	1.75	4.25
		125	3.52	1.7	4
3	10 Desember 2017	0	7	2.17	6
		25	9.45	2.4	6
		50	9.5	2.42	7
		75	10	2.52	8
		100	9.45	2.37	6.5
		125	8.5	2.32	6.25
4	20 Desember 2017	0	13.3	3	7.75
		25	14.25	3.1	8
		50	14.5	3.2	8.75
		75	15.5	3.32	10.5
		100	14.3	3.17	8.5
		125	14	3.1	8.5
5	30 Desember 2018	0	17.5	3.65	10.25
		25	18.37	3.8	10.5
		50	18.5	3.82	10.75
		75	21.5	3.97	13
		100	18.75	3.8	10.5

No	Waktu Pengamatan	Dosis (Gy)	Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm)	Rata-Rata Lebar Daun (cm)	Rata-Rata Banyak Daun (buah)
		125	18.25	3.77	10.5
6	9 Januari 2018	0	20.37		12.75
		25	21.25		14.25
		50	22.25		14.25
		75	25.37		16
		100	22.5		13.75
		125	21		12.75

Berdasarkan tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa perbandingan perumbuhan cabai setelah dipapari radiasi gamma, tanaman cabai yang memiliki pertumbuhan yang bagus adalah dengan paparan radiasi gamma sebesar 75 Gy, hal ini dapat dilihat dari pengamatan terakhir terdapat tinggi rata-rata tanaman 25,37 cm dan lebar daun rata-rata tanaman 3.97 cm serta banyak daun rata-rata 16 daun. Pada dosis 75 Gy ini merupakan pertumbuhan yang paling bagus dan sangat efektif untuk pertumbuhan cabai dibandingkan dengan pemberian dosis yang lainnya. Bahwa semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan dapat menurunkan tinggi tanaman. Penurunan tinggi tanaman tersebut dapat terjadi karena iradiasi dapat menyebabkan pengumpulan molekul-molekul sepanjang jalur ion yang tertinggal karena iradiasi yang menyebabkan mutasi gen atau kerusakan kromosom.

1. Hasil tinggi tanaman cabai rawit



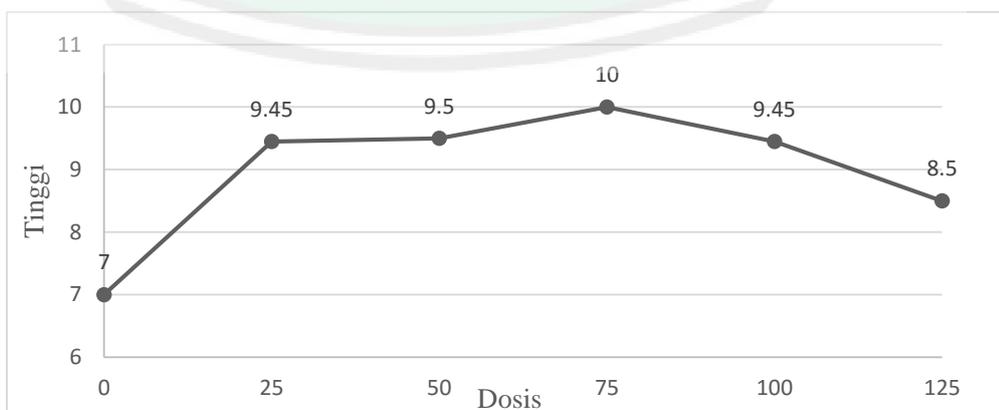
Gambar 4.3 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 10

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 10. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 50 Gy dan 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 2 cm dibandingkan dengan 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 1,67 cm. Pada dosis 25 Gy rata-rata sebesar 1,87 cm, dosis 100 Gy rata-rata sebesar 1,85 cm, dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 1,8 cm.



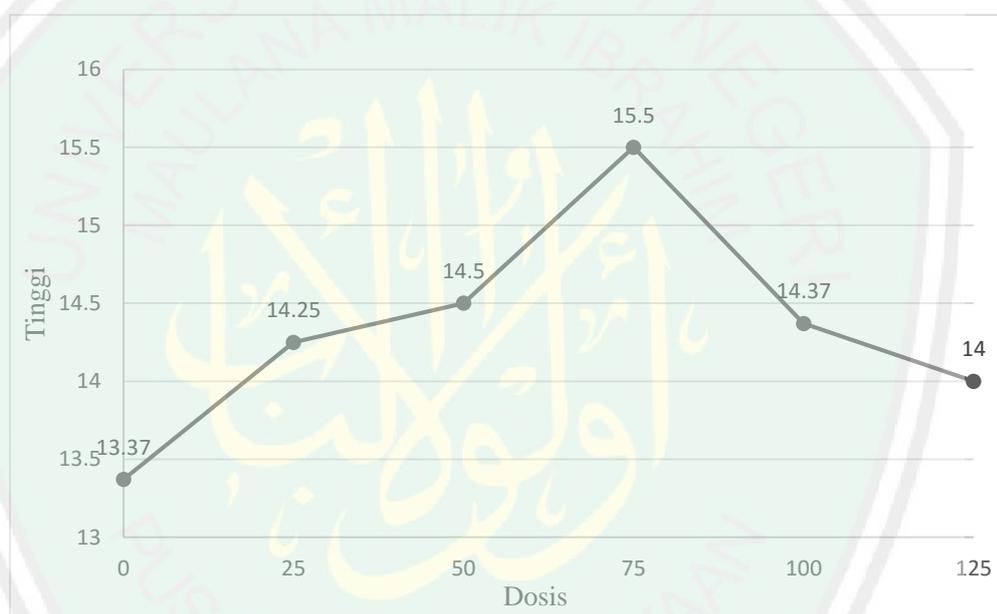
Gambar 4.4 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 20

Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 20. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 4,92 cm. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 3,2 cm, dosis 25 Gy dan 50 Gy rata-rata sebesar 4,5 cm, dosis 100 Gy rata-rata sebesar 3,95 cm, dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 3,52 cm.



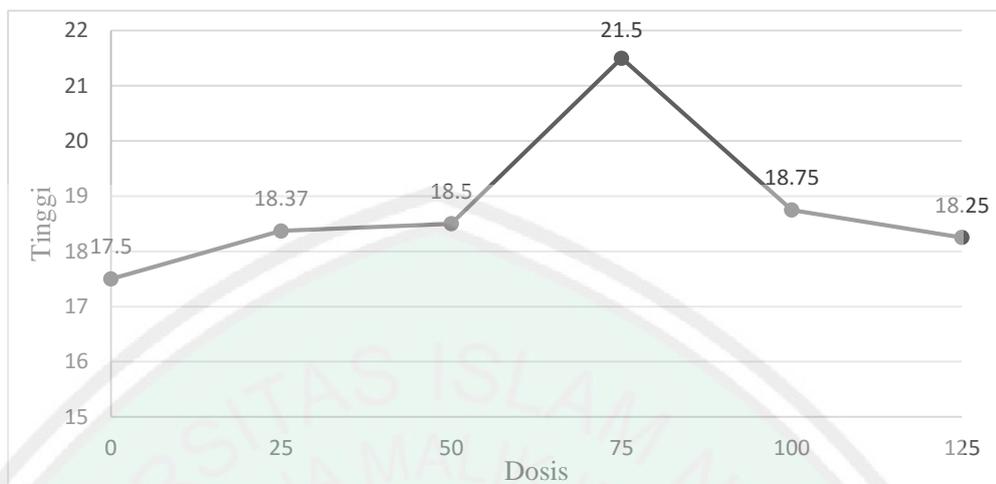
Gambar 4.5 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 30

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 30. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 10 cm. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 7 cm, dosis 25 Gy dan 100 Gy rata-rata sebesar 9,45 cm, dosis 50 Gy rata-rata sebesar 9,5 cm, dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 8,5 cm.



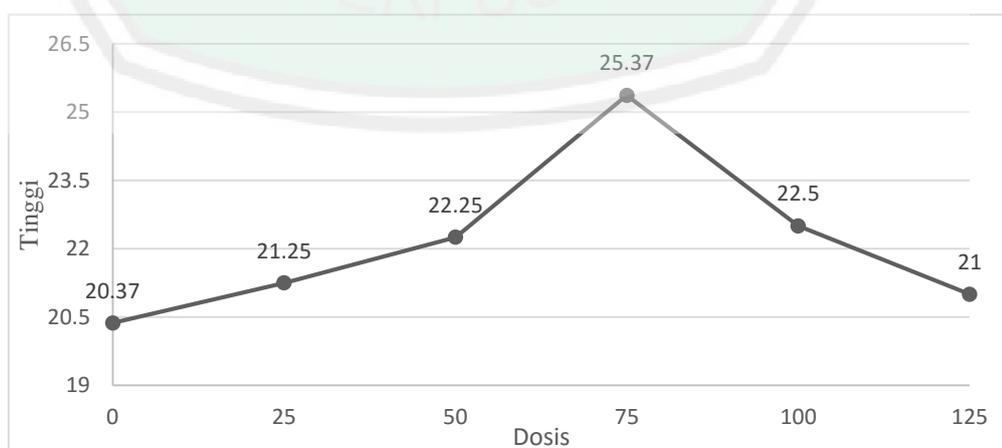
Gambar 4.6 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 40

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 40. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 15,5 cm. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 13,37 cm, dosis 25 Gy rata-rata sebesar 14,25 cm, dosis 50 Gy rata-rata sebesar 14,5 cm, dosis 100 Gy rata-rata sebesar 14,37 cm, dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 14 cm.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 50

Pada gambar 4.7 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 50. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 21,5 cm. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 17,5 cm, dosis 25 Gy rata-rata sebesar 18,37 cm, dosis 50 Gy rata-rata sebesar 18,5 cm, dosis 100 Gy rata-rata sebesar 18,75 cm dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 18,25 cm.

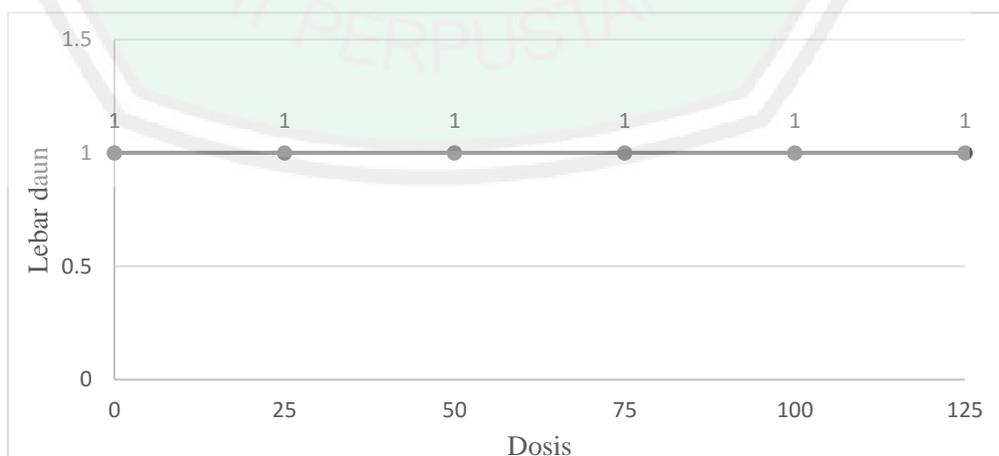


Gambar 4.8 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Tinggi) tanaman cabai pada hari ke 60

Pada gambar 4.8 menunjukkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 60. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 25,37 cm. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebesar 20,37 cm, dosis 25 Gy rata-rata sebesar 21,25 cm, dosis 50 Gy rata-rata sebesar 22,25 cm, dosis 100 Gy rata-rata sebesar 22,5 cm dan dosis 125 Gy rata-rata sebesar 21 cm.

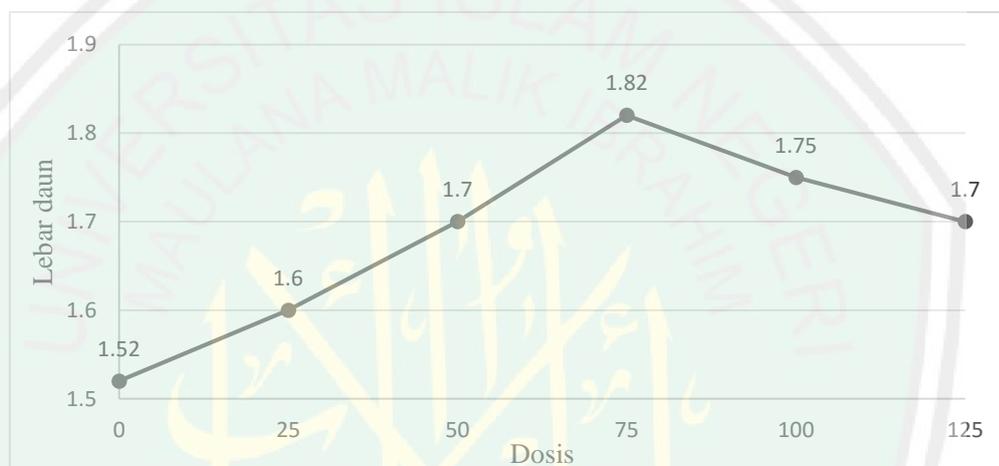
Berdasarkan grafik di atas bahwa pengaruh paparan radiasi sinar gamma terhadap proses pertumbuhan (tinggi) tanaman cabai yang dipapari radiasi sinar gamma dengan dosis sebesar 75 Gy merupakan yang paling bagus untuk kualitas tanaman cabai dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Tanaman cabai yang dipapari sinar gamma dengan dosis 75 Gy ini membuat pertumbuhan tanaman cabai lebih efektif dibandingkan dengan pemberian dosis yang lain maupun yang tidak diberi dosis (kontrol).

2. Hasil lebar daun tanaman cabai



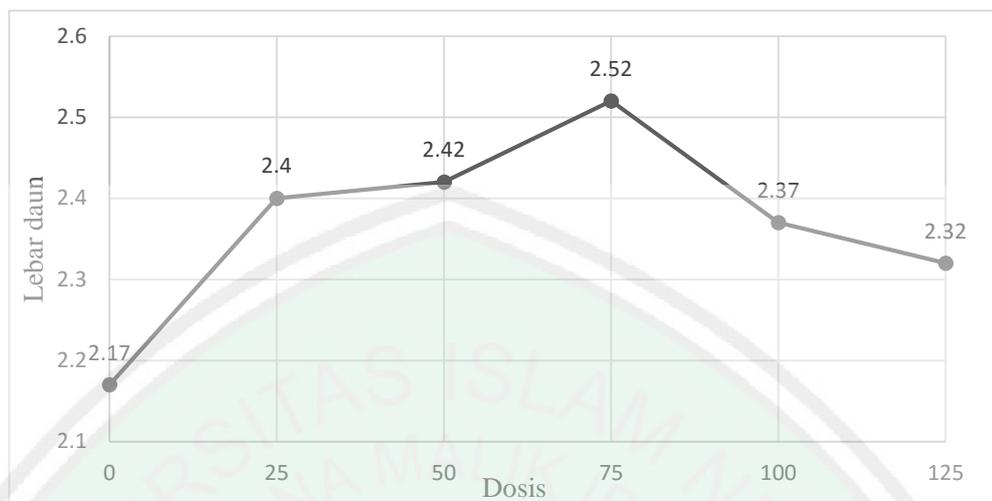
Gambar 4.9 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 10

Pada gambar 4.9 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 10. Pada grafik tersebut diketahui bahwa lebar daun tanaman memiliki rata-rata yang sama yaitu 1 cm. Hal ini terjadi karena pada pengukuran tersebut daun tanaman baru tumbuh.



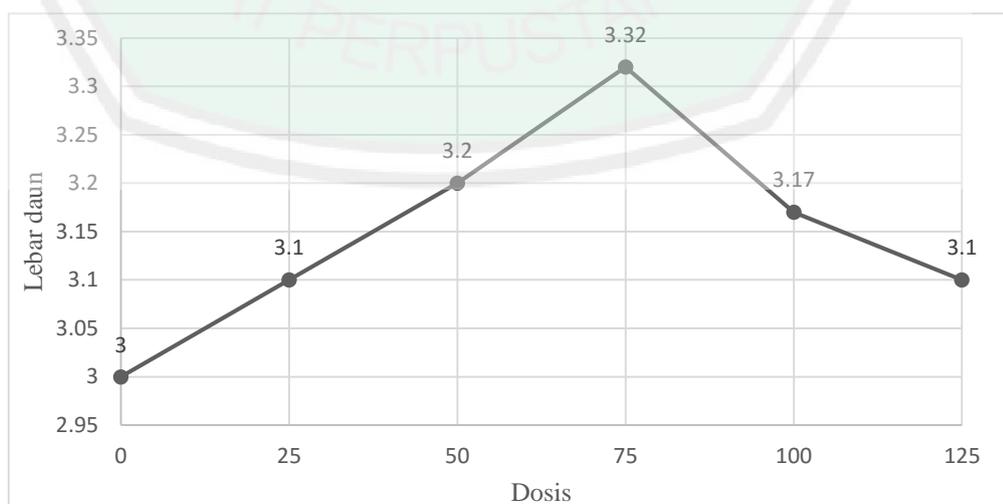
Gambar 4.10 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 20

Pada gambar 4.10 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 20. Pada grafik tersebut diketahui bahwa rata-rata lebar daun menunjukkan perbedaan pada setiap pemberian dosis di bandingkan pada pengukuran hari ke 10 yang memiliki rata-rata lebar daun yang sama. Pada grafik ini pemberian dosis 0 Gy (kontrol) rata-rata lebar daun sebesar 1,52 cm, 25 Gy rata-rata sebesar 1,6 cm, 50 Gy rata-rata sebesar 1,7 cm, 75 Gy rata-rata sebesar 1,82 cm, 100 Gy rata-rata sebesar 1,75 cm dan 125 Gy rata-rata sebesar 1,7 cm



Gambar 4.11 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 30

Pada gambar 4.11 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 30. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 2,52 cm di bandingkan dengan pemberian dosis yang lain. Pada dosis 0 Gy (kontrol) memiliki nilai yang lebih kecil di bandingkan yang telah di beri dosis yaitu rata-rata sebesar 2,17 cm.



Gambar 4.12 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 40

Pada gambar 4.12 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 40. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 3,32 cm di bandingkan dengan pemberian dosis yang lain. Pada dosis 0 Gy (kontrol) memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan yang telah di beri dosis yaitu rata-rata sebesar 3 cm.

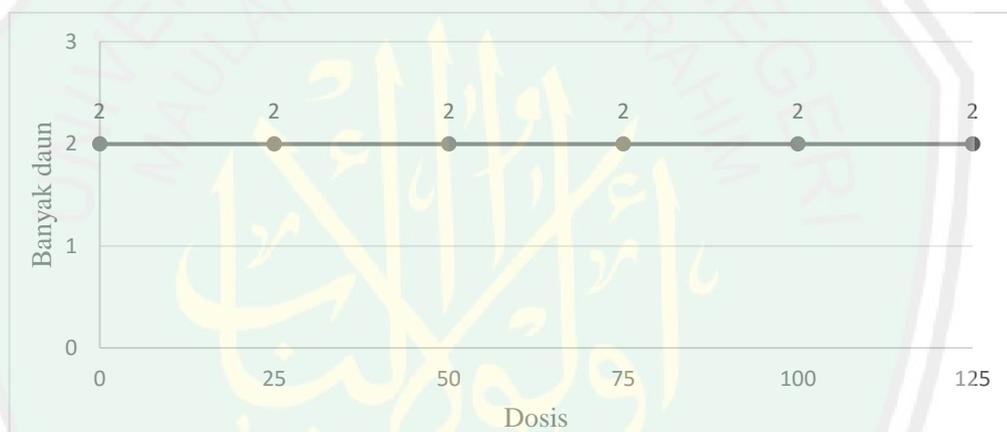


Gambar 4.13 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Lebar daun) tanaman cabai pada hari ke 50

Pada gambar 4.13 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 30. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling besar yaitu 3,97 cm dibandingkan dengan pemberian dosis yang lain. Pada dosis 0 Gy (kontrol) memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan yang telah di beri dosis yaitu rata-rata sebesar 3,65 cm.

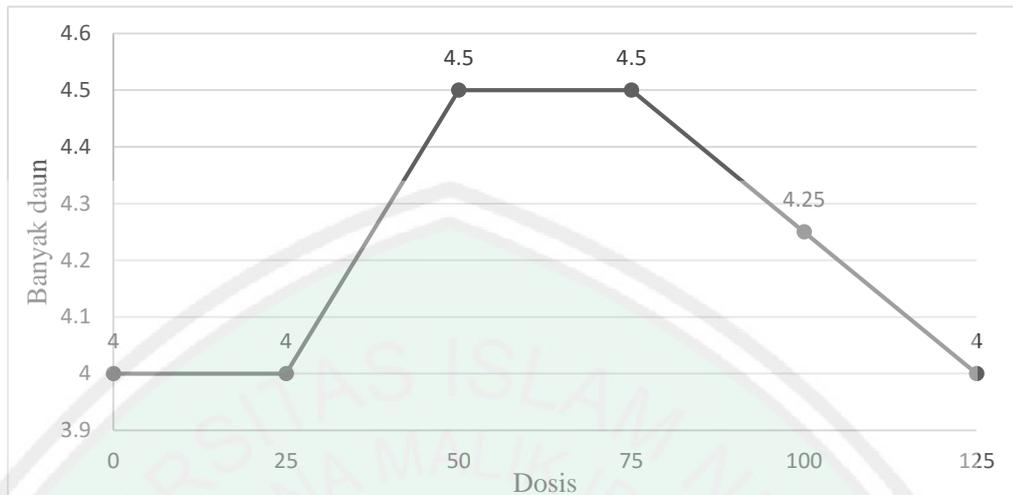
Pertumbuhan lebar daun tanaman yang telah dipapari radiasi memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan tanpa pemberian radiasi (kontrol). Untuk pengukuran pada daun dilakukan terhadap satu daun yang sama dan ketika daun tersebut rontok atau terlepas dari tangkai pengukuran di hentikan, pengukuran ini dilakukan sebanyak lima kali dengan selang waktu 50 hari penelitian.

3. Hasil banyak daun tanaman cabai



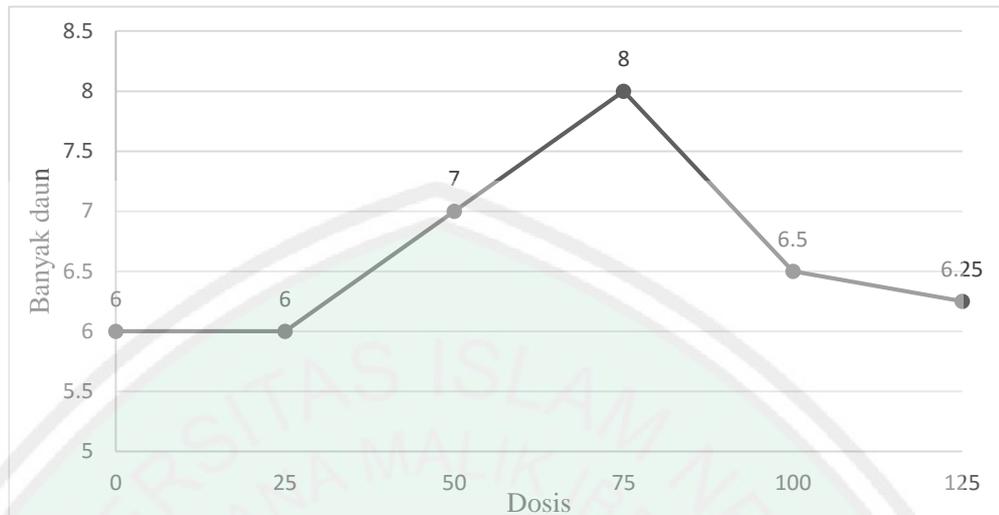
Gambar 4.14 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 10

Pada gambar 4.14 menunjukkan grafik pertumbuhan banyak daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 10. Pada grafik tersebut diketahui bahwa banyak daun tanaman memiliki rata-rata yang sama yaitu 2 buah. Hal ini terjadi karena pada pengukuran tersebut daun tanaman baru tumbuh.



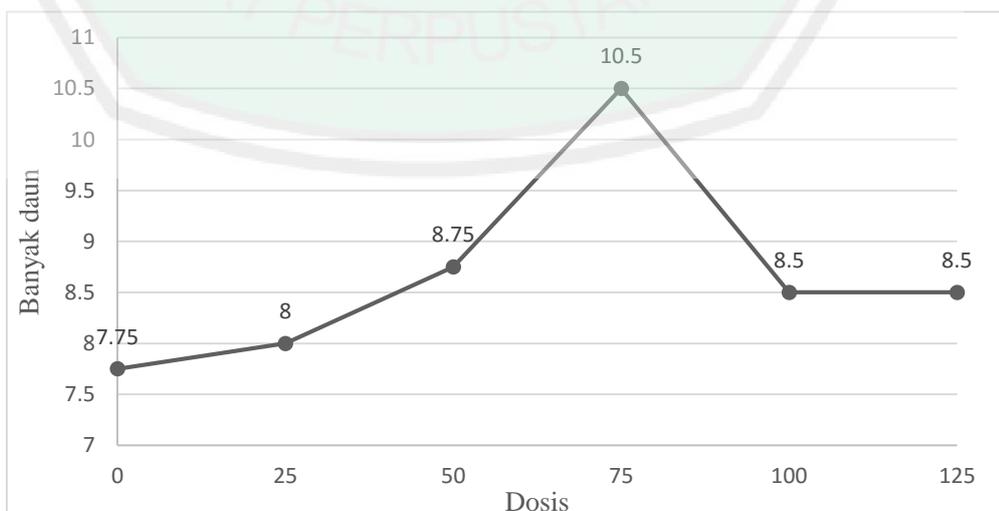
Gambar 4.15 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 20

Pada gambar 4.15 menunjukkan grafik pertumbuhan banyak daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 20. Pada grafik tersebut diketahui bahwa rata-rata banyak daun menunjukkan perbedaan pada setiap pemberian dosis dibandingkan pada pengukuran hari ke 10 yang memiliki rata-rata lebar daun yang sama. Pada grafik ini pemberian dosis 0 Gy (kontrol) dan 25 Gy memiliki rata-rata daun yaitu 4 buah, 50 Gy dan 75 Gy rata-rata sebanyak 4,5 buah, 100 Gy rata-rata sebanyak 4,25 buah dan 125 Gy rata-rata sebanyak 4 buah.



Gambar 4.16 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 30

Pada gambar 4.16 menunjukkan grafik pertumbuhan lebar daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 30. Pada grafik ini pemberian dosis 0 Gy (kontrol) dan 25 Gy memiliki rata-rata banyak daun yang sama sebanyak 6 buah, 50 Gy rata-rata sebanyak 7 buah, 75 Gy rata-rata sebanyak 8 buah, 100 Gy rata-rata sebanyak 6,5 buah, dan 125 Gy rata-rata sebanyak 6,25 buah.



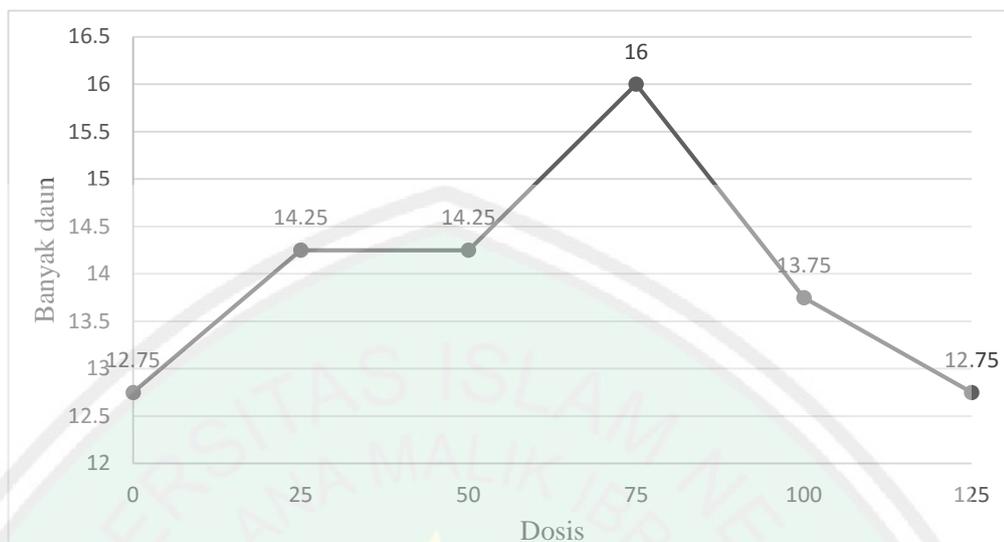
Gambar 4.17 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 40

Pada gambar 4.17 menunjukkan grafik pertumbuhan banyak daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 40. Pada grafik ini pemberian dosis 0 Gy (kontrol) rata-rata banyak daun sebanyak 7,75 buah, 25 Gy rata-rata sebanyak 8 buah, 50 Gy rata-rata sebanyak 8,75 buah, 75 Gy rata-rata sebanyak 10,5 buah, 100 Gy dan 125 Gy memiliki rata-rata yang sama sebanyak 8,5 buah.



Gambar 4.18 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 50

Pada gambar 4.18 menunjukkan grafik pertumbuhan banyak daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 50. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling banyak yaitu 13 buah. Pada dosis 0 Gy (kontrol) yaitu rata-rata sebanyak 10,25 buah, dosis 25 Gy, 100 Gy dan dosis 125 Gy memiliki rata-rata yang sama sebanyak 10,5, dan dosis 50 Gy rata-rata sebanyak 10,75 buah.



Gambar 4.19 Grafik pengaruh radiasi gamma Co-60 terhadap pertumbuhan (Banyak daun) tanaman cabai pada hari ke 60

Pada gambar 4.19 menunjukkan grafik pertumbuhan banyak daun tanaman cabai terhadap dosis yang diberikan pada hari ke 60. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pemberian dosis 75 Gy memiliki nilai rata-rata yang paling banyak yaitu 16 buah. Pada dosis 0 Gy (kontrol) dan 100 Gy memiliki rata-rata yang sama sebanyak 12,75 buah, dosis 25 Gy dan 50 Gy memiliki rata-rata yang sama sebanyak 14,25 buah, dan dosis 100 Gy rata-rata sebanyak 13,75 buah.

Seperti ditunjukkan dari beberapa grafik hasilnya terlihat bahwa dosis 75 Gy memiliki rata-rata lebar daun paling lebar daripada lainnya. Ini terlihat jelas pada hari ke 60 dimana grafik mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dosis radiasi dapat merubah pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak di radiasi (Kontrol).

4.2 Pembahasan

Masa pertumbuhan tanaman cabai tidak selalu tumbuh dengan baik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi lambatnya pertumbuhan cabai, salah satu diantaranya adalah terkena penyakit. Pada penelitian ini, tanaman cabai pada umur 13 hari terkena penyakit Gemini, penyakit ini dapat diketahui dengan adanya serbuk jarring warna putih pada daun bagian bawah dan daun akan berwarna kuning-kekuningan, sehingga untuk mencegah penyakit ini pada tanaman cabai dapat dicegah dengan menyemprotkan obat anti hamma (furadan) untuk tanaman cabai, yang dilakukan pada keesokkan harinya dengan dosis yang sama pada setiap sampel. Penyemprotan ini dilakukan secara berkala untuk menjaga pertumbuhan tanaman cabai, karena semakin banyak penyemprotan obat furadan pun akan membuat pertumbuhan tanaman cabai tidak baik. Penyemprotan pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali dalam jangka waktu 1 minggu, karena setelah penyemprotan ketiga tanaman cabai tidak terkena penyakit Gemini lagi.

Bibit cabai mengandung air sebanyak 10%, menurut Herison (2008) semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H_2O) dalam materi yang diiradiasi, maka akan semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga tanaman menjadi lebih sensitif. Jika bibit cabai disinari gamma maka hal yang terjadi adalah reaksi ionisasi. Ionisasi molekul air adalah sebagai berikut:



Air yang terdapat pada benih akan terurai menjadi ion positif H_2O^+ dan e^- yang bermuatan negatif. Ion-ion yang terbentuk tersebut bersifat reaktif dan akan

menyerang molekul air lainnya dan akan terjadi ionisasi sekunder, tersier dan seterusnya. Ionisasi tersebut yang menjadi awal dari kerusakan yang disebut dengan inisiasi. Menurut Wardhana (2007) menyatakan bahwa jika pada suatu sel terjadi ionisasi primer, sekunder dan tersier maka kerusakan akan berlanjut dalam waktu yang singkat karena ion-ion tersebut akan berinteraksi dengan molekul yang ada di sekitarnya. Ion-ion yang terbentuk akan berinteraksi dengan molekul air lainnya sehingga menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas ini yang dapat merusak komponen sel tumbuhan sehingga mempengaruhi proses kimia dan biologi yang sangat vital bagi kelangsungan hidup suatu organisme.

Pada umumnya setelah perlakuan iradiasi berlangsung dapat terjadi efek yang dapat dikelompokkan menjadi kerusakan fisiologi (sebagai efek utama yang langsung dapat dikenali) dan perubahan genetik. Kerusakan fisiologi tersebut dapat berupa terhambatnya pembelahan sel, kematian sel, induksi pada aktifitas mitosis, pengaruh pertumbuhan rata-rata, perubahan pada kapasitas bereproduksi, serta peningkatan frekuensi pembentukan jaringan. Pada penelitian ini efek dari radiasi sinar gamma menyebabkan perubahan fisiologi, terutama pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, dan banyak daun yang dapat dilihat dari tabel 4.1.

Van Harten (1988) menambahkan bahwa kerusakan fisiologi biasanya hanya terjadi pada generasi awal dari tanaman yang diradiasi dan tidak diturunkan. Pernyataan ini dapat didukung dari hasil penelitian Aisyah (2006) pada *Dianthus caryophyllus* Linn yang diinduksi mutasi dengan sinar gamma melalui iradiasi tunggal, kemudian disubkultur dan diaklimatisasi sampai dengan generasi MV5 diketahui tidak ada pengaruh yang nyata terhadap

karakter-karakter vegetatif (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun) sampai pada generasi lanjutan. Hal ini dimungkinkan akibat terjadinya *diplontic selection* ke arah *recovery* atau perbaikan fungsi dari sistem enzim yang terganggu akibat iradiasi sinar gamma. *Diplontic selection* adalah adanya kompetisi antara sel-sel termutasi dengan sel-sel normal disekelilingnya, dimana pada akhirnya sel-sel termutasi kalah bersaing dan jaringan tanaman kembali tumbuh normal. Mutasi yang bersifat baik akan diturunkan ke generasi berikutnya.

Perubahan morfologi tanaman cabai ini diakibatkan oleh perubahan struktur kromosom yaitu terjadi pematahan kromosom. Pada dosis yang rendah dapat menyebabkan terjadinya delesi, dan semakin tinggi dosis akan menimbulkan duplikasi, inversi dan translokasi pada kromosom. Dosis yang tinggi juga dapat menyebabkan pembelahan sel menjadi terhambat sehingga membuat sel tersebut mati dan membuat pertumbuhan fisiologi tanaman menjadi menurun. Dosis iradiasi yang digunakan sangat mempengaruhi proses terjadinya pertumbuhan dan perkembangan sel dalam tanaman.

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan. Berdasarkan kenyataan bahwa tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang mudah dilihat. Tinggi tanaman dapat dijadikan sebagai salah satu indikator pertumbuhan tanaman cabai. Pertumbuhan pada meristem ujung, menghasilkan sel-sel baru di ujung sehingga mengakibatkan tanaman bertambah tinggi dan panjang. Dari hasil penelitian ini dosis yang paling efektif

untuk digunakan sebesar 75 Gy yang merupakan puncak radiasi yang cocok untuk digunakan meradiasi bibit cabai rawit.

4.3 Pemanfaatan Tumbuhan Cabai dalam Perspektif Islam

Tumbuhan merupakan salah satu dari ciptaanNya yang banyak manfaatnya kepada manusia. Banyak ayat Al-Qur'an yang mengajak manusia untuk berfikir dan menyelidiki tumbuh – tumbuhan agar mendapat manfaat yang lebih banyak. Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-imran (3): 191

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ
النَّارِ (١٩١)

"Ya Tuhan Kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia (Al-imran (3):191)

Al-Qur'an telah menyebutkan berbagai macam buah-buahan yang bermanfaat seperti buah kurma, anggur dan zaitun serta buah-buahan yang lainnya. Buah Cabai dibalik rasa pedasnya memiliki banyak manfaat terutama bagi kesehatan. Diantara manfaatnya cabe dapat mengurangi resiko kanker, menurunkan kadar kolesterol dalam darah dan bahkan dapat menyembuhkan luka. Buah cabai rawit mengandung zat-zat gizi yang cukup lengkap, yakni protein, lemak, karbohidrat, mineral (kalsium, fosfor dan besi), vitamin A, B1, B2 dan C. Cabai rawit mengandung zat *oleoresin* dan zat aktif *capsaicin* yang dapat digunakan untuk mengobati penyakit rematik, obat batuk berdahak, sakit gigi, masuk angin, asma serta mencegah infeksi sistem pencernaan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa pertumbuhan fisiologi tumbuhan cabai dapat dipengaruhi oleh besar dosis paparan radiasi sinar gamma yang diberikan pada biji cabai, dimana pertumbuhan cabai dengan dosis 75 Gy memberikan pertumbuhan cabai yang sangat efisien dilihat dari tinggi tanaman cabai, banyaknya daun, dan lebar daun cabai dibandingkan dengan pemberian dosis yang lain maupun tanpa dosis radiasi. Namun pemberian dosis yang terlalu kecil atau terlalu besar pada biji cabai akan memperlambat pertumbuhan tanaman cabai. Jadi, agar bisa mendapatkan bibit cabai yang bagus, dosis radiasi yang diberikan tidak boleh kurang dan tidak boleh lebih dari 75 Gy.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya di lakukan pada bulan Mei-Juli agar mendapat intensitas cahaya yang maksimal untuk tanaman cabai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainur Avin, dr. 2011. *Modul Kuliah Fisika Radiasi*. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Aisyah, S. I. 2006. *Induksi Mutagen Fisik pada Anyelir (Dianthus caryophyllus Linn.) dan Pengujian Stabilitas Mutannya yang Diperbanyak secara Vegetatif*. Disertasi. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Al-Qur'an Al karim. 1989. *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Departemen Agama RI. Semarang: Toha Putera.
- Amsori. 2009. *Pengaruh Kemiringan Sudut Gantri Pada Dosis Permukaan Fantom Berkas Radiasi Gamma Cobalt-60*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Indonesia.
- Anonim. 2013. *Efek Radiasi terhadap Manusia*. [Http://:ansn-indonesia.org](http://ansn-indonesia.org). Diakses tanggal 16 September 2016.
- Badan Pusat Statistik. 2011. *Statistik Indonesia*. <http://www.bps.go.id>. Jakarta. Diakses pada tanggal 7 september 2017.
- Cahyono, B. 2003. *Cabai Rawit*. Yogyakarta: Kanisius. p.28-32.
- Cherveny. 2013. *Pengaruh Pemberian Buah Manggis, Buah Sirsak Dan Kunyit Terhadap Kandungan Radikal Bebas Pada Daging Sapi Yang Diradiasi Dengan Sinar Gamma*. Jurnal Natural UB. Vol.5 No.1.
- Crowder, L.V. 1986. *Genetika Tumbuhan, Edisi Indonesia*. Yogyakarta.: Gadjah Mada University Press.
- Gautreau, R & Savin. 1999. *Schaum's Outlines Fisika Modern Edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Handley, W. 1997, *Industrial Safety Handbook*. London: Mc. Graw Hill company.
- Herison, C., Dkk. 2008. *Induksi Mutasi Melalui Sinar Gamma Terhadap Benih Untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (Zea Mays L)*. Akta Agrosia 11 (1): 57-62.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid III*. Jakarta: Yayasan Sarana Wana Jaya.p.38-40.
- Kurniawan, Yenita. 2008. *Perbandingan Dosis Radiasi Kanker Menggunakan*

Dosimeter Termoluminesense-100 (TLD 100) dengan Perhitungan Dosis pada Pasien Radioterapi. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.

Mahran, J., dan Mubasyir, A.A.H. 2006. *Al-Qur'an Bertutur Tentang Makanan dan Obat-obatan.* Yogyakarta: Mitra Pustaka.

Mostavan, Aman. 1999. *Fisika Inti.* Bandung: ITB.

Putra, I agus agung ari kusuma., Dkk. 2017. *Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 Dalam Pemuliaan Tanaman Tomat (Lycopersicon Esculentum L.) Dengan Metode Mutagen Fisik.* Bali: Buletin Fisika Vol.10 no 1:12-19.

Polengs, 2011. *Cabai, Pertanian, Tanaman* [http:// budidayanews.blogspot.com/2011/03/cara-budidaya-cabai-rawit.html](http://budidayanews.blogspot.com/2011/03/cara-budidaya-cabai-rawit.html). Diakses pada 9 September 2017

Ritongga, A., Wulansari, A. 2008. *Pengaruh Induksi Mutasi Radiasi Gamma pada Beberapa Tanaman.* Bogor: IPB.

Rukmana, R.H 2002. *Usaha Tani Cabai Rawit.* Yogyakarta: Kanisius.p.31-33.

Tafsir Ibnu Katsir. 2004. *Terjemah oleh M. Abdul Ghoffar E.M et al.* Bogor: Pustaka Imam Syafi'i.

Van Harten, A. M. 1998. *Mutation Breeding Theory And Partical Application.* New York: Cambridge University Press. P. 342.

Wardhana, Arya Wisnu. 2007. *Teknologi Nuklir: Proteksi Radiasi dan Aplikasinya.* Yogyakarta: Andi.

LAMPIRAN 1. Hasil Penelitian

Tanggal 20 November 2017

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	2	1	2	0
2	1.3	1	2	
3	1.4	1	2	
4	2	1	2	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	1.9	1.2	2	25
2	1.5	1.2	2	
3	2	1.1	2	
4	2.1	1.2	2	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	2	1	2	50
2	2.1	1	2	
3	1.9	1	2	
4	2	1	2	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	1.9	1	2	75
2	2	1	2	
3	2	1	2	
4	2.1	1	2	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	1.9	1	2	100
2	2	1	2	
3	2.2	1	2	
4	1.3	1	2	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	1.9	1	2	125
2	1.7	1	2	
3	1.9	1	2	
4	1.7	1	2	

Tanggal 30 November 2017

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	3	1.6	4	0
2	3	1.5	4	
3	2.9	1.5	4	
4	4	1.5	4	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	4	1.6	4	25
2	3	1.6	4	
3	6	1.7	4	
4	5	1.5	4	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	4	1.6	4	50
2	4	1.7	5	
3	5	1.8	4	
4	5	1.7	5	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	5	1.7	4	75
2	4.7	1.9	5	
3	5	1.9	4	
4	5	1.8	5	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	4	1.7	4	100
2	4.3	1.7	4	
3	3.5	1.8	4	
4	4	1.8	4	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	3.8	1.6	5	125
2	3.2	1.8	4	
3	4	1.7	4	
4	3.1	1.7	4	

Tanggal 10 Desember 2017

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	7.1	2.3	6	0
2	7	2.2	6	
3	8	2	6	
4	6	2.2	6	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	9	2.5	6	25
2	8.8	2.2	6	
3	10	2.5	6	
4	10	2.4	6	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	9	2.3	6	50
2	9	2.3	8	
3	10	2.6	6	
4	10	2.5	8	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	10	2.4	7	75
2	10	2.6	8	
3	9.8	2.6	8	
4	10.2	2.5	9	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	9.5	2.3	7	100
2	9	2.2	6	
3	9.8	2.5	6	
4	9.5	2.5	6	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	9	2.2	7	125
2	8	2.5	6	
3	10	2.4	6	
4	7	2.2	7	

Tanggal 20 Desember 2017

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	12	3	8	0
2	15.5	3.1	8	
3	14	2.9	8	
4	12	3	7	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	14	3.2	8	25
2	14	3	8	
3	15	3.2	8	
4	14	3	8	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	14	3.2	8	50
2	14	3.1	10	
3	15	3.3	8	
4	15	3.2	9	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	15	3.3	9	75
2	15	3.3	11	
3	15	3.4	11	
4	17	3.3	11	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	14	3.1	10	100
2	13.5	3.1	8	
3	15	3.3	8	
4	14.37	3.2	8	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	15	3	9	125
2	14	3.2	8	
3	15	3.1	8	
4	14	3.1	9	

Tanggal 30 Desember 2017

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	17	3.6	10	0
2	18	3.7	10	
3	17	3.6	11	
4	18	3.7	10	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	18	3.8	10	25
2	18	3.8	11	
3	19	3.8	11	
4	18.5	3.8	10	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	18	3.8	10	50
2	18.5	3.8	12	
3	19	3.9	10	
4	18.5	3.8	11	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	20	3.9	12	75
2	20	4	13	
3	21	4	13	
4	24	4	14	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	19	3.9	12	100
2	18	3.8	10	
3	20	3.8	10	
4	18	3.7	10	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	19	3.8	11	125
2	18	3.7	10	
3	18	3.8	10	
4	18	3.8	10	

Tanggal 9 Januari 2018

No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	20		14	0
2	20.5		13	
3	20		12	
4	21		12	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	19		12	25
2	22		17	
3	23		16	
4	21		12	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	22		14	50
2	21		15	
3	23		16	
4	23		12	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	24		15	75
2	23.5		16	
3	27		16	
4	27		17	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	21		14	100
2	21		12	
3	25		15	
4	23		14	
No	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Banyak Daun (Biji)	Dosis
1	23		13	125
2	21		12	
3	20		12	
4	20		14	



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Muhammad Anas Mubarak
NIM : 13640034
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Pertumbuhan
Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*)
Pembimbing I : Ahmad Abtokhi, M.Pd
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	27 September 2017	Konsultasi Bab I dan II	
2	17 Oktober 2017	Konsultasi Bab I, II dan III	
3	14 Maret 2018	Konsultasi Data	
4	21 Maret 2018	Konsultasi Agama	
5	17 April 2018	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
6	17 April 2018	Konsultasi Agama	
7	28 Mei 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak, dan Acc	
8	28 Mei 2018	Konsultasi Agama dan Acc	

Malang, 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

