

**PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA  
PADA PERTUMBUHAN DUA VARIETAS LOKAL BAWANG  
PUTIH**

**Oleh:**

**ADITYA NURHASANAH**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2019**

**PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA  
PADA PERTUMBUHAN DUA VARIETAS LOKAL BAWANG  
PUTIH**

Oleh :

**ADITYA NURHASANAH  
125040201111009**

**MINAT BUDIDAYA PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Strata Satu (S1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
MALANG**

**2019**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2019



Aditya Nurhasanah  
NIM. 125040201111009

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Radiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Dua  
Varietas Lokal Bawang Putih  
Nama : Aditya Nurhasanah  
NIM : 125040201111009  
Program Studi : Agroekoteknologi  
Minat : Budidaya Pertanian

Disetujui

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Ir. Lita Soetopo  
NIP. 19510408 197903 2 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Budidaya Pertanian

Dr. Noer Rahmi Ardiarini, SP.,M.Si  
NIP. 197011181997022001

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

### MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Noer Rahmi Ardiarini, SP.,M.Si  
NIP. 197011181997022001

Prof. Dr. Ir. Lita Soetopo  
NIP. 19510408 197903 2 001

Penguji III

Ir. Arifin Noor Sugiharto, M. Sc., Ph. D  
NIP. 196204171987011002

Tanggal Lulus :

## RINGKASAN

ADITYA NURHASANAH. 125040201111009. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Dua Varietas Lokal Bawang Putih. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Lita Soetopo sebagai pembimbing utama.

---

---

Bawang putih (*Allium sativum* L) adalah salah satu tanaman potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Perkembangan angka konsumsi bawang putih tingkat rumah tangga di Indonesia selama tahun 2002-2013 cenderung berfluktuatif namun rata-rata mengalami peningkatan sebesar 2,56% per tahun (Anonim, 2016). Penggunaan bawang putih impor lebih disukai oleh petani karena umbinya lebih besar daripada bawang putih lokal. Perbaikan sifat genetik bawang putih tidak dapat dilakukan dengan persilangan karena tanaman ini sulit berbunga (Suriana, 2011). Salah satu upaya perbaikan dapat dilakukan dengan mutasi yaitu pemberian sinar gamma pada suatu tingkat dosis tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis radiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dua varietas lokal bawang putih. Hipotesis penelitian ini yaitu terdapat pengaruh nyata pada hasil perlakuan pemberian dosis, perbedaan varietas dan interaksi antara dosis dengan varietas dan lethal dosis tiap perlakuan terdapat pada pemberian radiasi dengan dosis 9 Gy.

Radiasi umbi bawang putih dilakukan di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR-BATAN), Pasar Jumat, Jakarta Selatan sedangkan penanaman dan penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Juni 2016 di Desa Punten, Kecamatan Bumiaji, Batu. Alat yang digunakan yaitu cangkul, meteran, spidol, penggaris, kertas label, *sprayer*, ajiran bambu, timbangan, dan jangka sorong. Bahan tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil mutan bawang putih varietas Lumbu hijau dan Lumbu kuning, pupuk kandang (kotoran ayam 10 ton/Ha), pupuk NPK (400 kg/Ha), ZA (200 kg/ha). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan dua faktor perlakuan dan ulangan sebanyak 3 kali ulangan sehingga terdapat 24 kombinasi perlakuan. Jumlah total siung yang digunakan dalam penelitian ini adalah 600 siung. Pengamatan dilakukan pada semua siung yang ditanam. Karakter pengamatan terdiri dari tinggi tanaman, presentase pertumbuhan tanaman, waktu inisiasi tunas, jumlah daun, jumlah siung, diameter siung, diameter umbi, berat basah tanaman, berat kering tanaman, berat basah umbi dan berat kering umbi. Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) rancangan acak kelompok faktorial (RAKF), apabila terdapat pengaruh nyata perlakuan terhadap hasil pengamatan maka dapat dianalisis uji lanjutan BNJ pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada faktor perlakuan yang dipengaruhi oleh perbedaan varietas, yaitu Lumbu Hijau dan Lumbu Kuning memberikan hasil berbeda nyata hanya pada parameter pengamatan jumlah daun. Pada faktor yang dipengaruhi oleh pemberian dosis memberikan hasil nyata pada semua parameter kecuali pada jumlah siung dan tinggi tanaman. Sedangkan perlakuan yang dipengaruhi oleh interaksi perbedaan varietas dan pemberian dosis menunjukkan hasil tidak nyata pada semua parameter pengamatan. Berdasarkan hasil pengamatan dan uji lanjutan, diduga lethal dosis terdapat pada pemberian radiasi gamma sebanyak 9 Gy pada kedua varietas bawang putih, dimana kondisi perlakuan menunjukkan kondisi yang buruk dan nyata berpengaruh dalam menghambat laju pertumbuhan bawang putih.

## SUMMARY

**ADITYA NURHASANAH. 125040201111009. The Effect Radiation Gamma Rays on Growth of Two Local Variety Garlic. Supervised by Prof. Dr. Ir. Lita Soetopo as main supervisor**

---

---

Garlic (*Allium sativum* L) is one of the potential plant to be developed in Indonesia. The development of garlic consumption at the household level in Indonesia during 2002-2013 increased by 2.56% (Anonim, 2016). The use of imported garlic was preferred by farmers because the bulbs were larger than local garlic. Genetic improvement of garlic cannot be done by crossing because this plant was difficult to flower (Suriana, 2011). One of the effective effort to repair is mutation, it could be used by gamma rays at a certain dose level. This study was conducted to determine the effect of gamma ray radiation on the growth of two local varieties of garlic. The research hypothesis there were significant effect on the results of dosing treatment, variety differences and the interaction between doses with varieties and lethal doses of each treatment of radiation with a dose of 9 Gy.

Radiation of garlic bulb held at the Center for Applications of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency (PATIR-BATAN), Pasar Jumat, South Jakarta on February while planting held in Punten Village, Bumiaji subdistrict, Batu on February until June 2016. The equipment used were hoes, tape measurement, markers, rulers, label paper, sprayers, bamboo sticks, scales, and calipers. The materials used were the mutant garlics of the Lumbu Kuning and Lumbu Hijau varieties, fertilizer (chicken's manure 10 tons / ha), NPK fertilizer (400 kg / ha), ZA (200 kg / ha). The method used was factorial randomized block design (RBD Factorial) with two treatments and 3 replications. There were 24 combinations of treatments. The number of clove used in this research were 600 cloves. Observations were made on all cloves planted. Observation characters consist of included plant height, percentage of plant growth, time of bud initiation, number of leaves, number of cloves, clove diameter, tuber diameter, plant wet weight, plant dry weight, tuber weight and tuber dry weight. The data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) of factorial randomized block design (RBDF), if there was significant effect of treatment on the observation, then followed by Least Significant Different (LSD) at the 5% level.

The results showed that the treatment were influenced by differences in varieties, namely Lumbu Hijau and Lumbu Kuning. There was significantly different on the number of leaves. However, the doses level were significantly effect on all parameters, except for the number of cloves and plant heights which showed no significant difference. While, the treatment which was influenced by the interaction of differences and doses level showed no significant effect on all parameters of observation. Based on the results of observations, it could be concluded that lethal doses were present may due to 9 Gy of gamma radiation in both garlic varieties, where the treatment conditions showed poor conditions and significantly affected the growth rate of garlic.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kelancaran dalam menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Radiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Dua Varietas Lokal Bawang Putih”. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk dapat melakukan penelitian dalam salah satu tugas pada Program Sarjana (S-1) di Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Budidaya Pertanian. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orangtua yang tak pernah lelah mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis baik materil dan moril dalam memperjuangkan skripsi ini, Prof. Dr. Ir. Lita Soetopo selaku dosen pembimbing utama yang selalu sabar dan memberi nasihat, arahan, koreksi, dan waktunya dalam membimbing penulis, Prof. Eko dan Pak Akbar Umar Saitama yang telah meluangkan waktu untuk mengoreksi kekurangan penulis, Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada, Ibu Noer Rahmi, SP. MSi dan Ir. Arifin Soegiharto yang telah berkenan mengarahkan penulis dalam mengerjakan skripsi ini serta Ibu Niken Kendarini, SP.,MSi. yang telah memberi arahan dalam mengerjakan skripsi ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ketua jurusan Budidaya Pertanian, Dr. Ir. Nurul Aini, MS., beserta seluruh dosen yang telah memberikan bimbingan selama ini dan kepada karyawan Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang telah diberikan. Ucapan terima kasih selanjutnya kepada semua rekan baik rekan sejawat satu tingkat, kakak tingkat dan adik tingkat yang berada di lingkup Universitas Brawijaya atau luar Universitas Brawijaya.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk banyak pihak dan dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan di bidang pendidikan.

Malang, Juli 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Karawang pada tanggal 11 Januari 1994 dari pasangan Bapak Arif Mahmud dan Ibu Jumiyati. Penulis adalah putri pertama dan memiliki satu orang adik laki-laki bernama M. Faris Choirul Umam.

Penulis memulai pendidikan di TK Islam Al-Barokah, Klari Karawang lalu melanjutkan ke SDN Duren V Klari pada tahun 2000-2006. Lulus dari SD, penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Klari tahun 2006 sampai 2009. Lalu penulis melanjutkan ke SMAN 1 Ngantang pada tahun 2009 sampai 2012. Tahun 2012, lulus dari SMA, penulis terdaftar menjadi mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Undangan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Survei Tanah dan Evaluasi Lahan (STELA) pada tahun 2015 dan Teknik Khusus Pemuliaan Tanaman pada tahun 2016. Penulis juga pernah menjadi panitia AVG (*Agriculture Vaganza*) pada tahun 2014. Selain itu penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa KSR UB dan PSHT, menjadi pengurus pada periode 2014-2015. Prestasi non akademis yang pernah diraih yakni juara 3 cabang bela diri pada Olimpiade Brawijaya 2013.

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Hipotesis .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanaman Bawang Putih ( <i>Allium Sativum</i> . L) .....	4
2.2 Deskripsi Varietas Bawang Putih .....	7
2.2.1 Bawang Putih Lumbu Hijau .....	7
2.2.2 Bawang Putih Lumbu Kuning .....	7
2.3 Pemuliaan Bawang Putih .....	8
2.4 Radiasi Sinar Gamma .....	9
<b>3. BAHAN DAN METODE</b>	
3.1 Tempat dan Waktu .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.3 Metode Penelitian .....	11
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	12
1. Persiapan Bahan Tanaman .....	12
2. Pengolahan Tanah .....	12
3. Pemupukan .....	12
4. Pembuatan Bedengan .....	13
5. Penanaman .....	13
6. Pemeliharaan .....	13
7. Panen .....	14
3.5 Pengamatan .....	14
1. Waktu Inisiasi Tunas (hst) .....	14
2. Persentase Tanaman yang Tumbuh .....	14
3. Tinggi Tanaman .....	14
4. Jumlah Daun .....	14
5. Jumlah Siung .....	14
6. Diameter Umbi .....	15
7. Berat Basah Tanaman .....	15
8. Berat Kering Tanaman .....	15
3.6 Analisis Data .....	15



<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Analisis Parameter Pengamatan .....	17
4.1.1 Waktu Inisiasi Tunas .....	19
4.1.2 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Persentase Tumbuh ..	19
4.1.3 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Tinggi Tanaman .....	20
4.1.4 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Jumlah Daun .....	20
4.1.5 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Umur Panen.....	22
4.1.6 Pengaruh Perlakuan pada Berat Basah dan Berat Kering .....	23
4.1.7 Pengaruh Perlakuan pada Diameter Umbi dan Jumlah Siung .....	24
4.2 Pembahasan .....	25
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	31
3.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	45
<b>LAMPIRAN</b> .....	48



## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tabel ANOVA RAK Faktorial .....	15
2.	Hasil Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan.....	18
3.	Rerata Perlakuan pada Waktu Inisiasi Tunas .....	19
4.	Rerata Pengaruh Dosis pada Tinggi Tanaman .....	20
5.	Rerata Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Jumlah Daun .....	21
6.	Rerata Pengaruh Varietas pada Berat Basah dan Berat Kering .....	23
7.	Rerata Pengaruh Dosis pada Jumlah Siung.....	25



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bagian-Bagian dari Tanaman Bawang Putih .....	6
2.	Persiapan radiasi.....	12



**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
1.	Denah Lahan Penelitian .....	36
2.	Denah dan Jarak dalam Bedengan .....	37
3.	Perhitungan Dosis Pupuk .....	38
4.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman Umur 28-77 Hst.....	39
5.	Analisis Ragam Jumlah Daun Umur 14-77 Hst.....	42
6.	Analisis Ragam Berat Basah .....	44
7.	Analisis Ragam Berat Kering.....	44
8.	Analisis Ragam Diameter Umbi .....	44
9.	Analisis Ragam Jumlah Siung.....	44
10.	Dokumentasi Kegiatan.....	46



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bawang putih (*Allium sativum* L) adalah salah satu tanaman potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Bawang putih telah lama menjadi bagian kehidupan masyarakat di berbagai peradaban dunia. Namun belum diketahui secara pasti sejak kapan tanaman ini mulai dimanfaatkan dan dibudidayakan. Awal pemanfaatan bawang putih diperkirakan berasal dari Asia Tengah. Hal ini didasarkan temuan sebuah catatan medis yang berusia sekitar 5000 tahun yang lalu (3000 SM). Dari Asia Tengah kemudian menyebar ke seluruh dunia, termasuk Indonesia. Sehingga bagi bangsa Indonesia bawang putih merupakan tanaman introduksi (Santoso, 2000). Bawang putih memiliki banyak manfaat terutama umbinya yang berguna sebagai bumbu dan dapat digunakan untuk mengobati beberapa penyakit seperti infeksi pernafasan dan meningkatkan vitalitas tubuh (Pratimi, 1995). Semakin meningkatnya permintaan dan tingkat konsumsi masyarakat menjadi alasan indikasi pentingnya pengembangan teknik dan usaha budidaya bawang putih. Produktivitas terbesar untuk tanaman bawang putih terdapat di Cina, dengan potensi iklim yang mendukung dan teknologi modern sehingga mendukung pertumbuhan optimal bawang putih.

Perkembangan angka konsumsi bawang putih tingkat rumah tangga di Indonesia selama tahun 2002-2013 cenderung berfluktuatif namun rata-rata mengalami peningkatan sebesar 2,56% per tahun, begitu pula tahun 2014-2015 (Anonim, 2016). Tahun 2013 jumlah konsumsi bawang putih meningkat menjadi 1,205 kg/kapita/tahun dan konsumsi bawang putih tahun 2014 sebesar 1,452 kg/kapita/tahun atau meningkat sebesar 20,54% dibandingkan tahun 2013. Sama halnya dengan jumlah konsumsi, produksi bawang putih di Indonesia juga cenderung fluktuatif dari tahun ke tahun. Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi tanaman sayuran bawang putih di Indonesia pada tahun 2013 sebesar 15.766 ton dengan luas panen 2.479 ha dan tahun 2014 mencapai 16.894 ton dengan luas panen 1.913 ha (Anonim, 2016).

Produksi yang dilakukan oleh Indonesia belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan konsumsi tersebut, sehingga pemerintah melakukan upaya tambahan pemasokan melalui impor. Impor bawang putih yang dilakukan Indonesia selama

periode tahun 2010-2013 cukup besar yaitu berkisar antara 259-448 ribu ton atau 97,03% dari total penyediaan (Anonim, 2012). Peningkatan volume impor ini disebabkan oleh beberapa kendala seperti luas lahan yang sempit, biaya tinggi, kualitas bibit bawang putih yang digunakan rendah serta ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap konsumsi bawang putih (Jumini, 2008). Peningkatan volume impor menyebabkan menurunnya produksi bawang putih dalam negeri karena rendahnya minat petani terhadap usaha tani bawang putih (Pramono *et al.*, 2015). Para petani lebih mengandalkan hasil impor bawang putih yang umbinya lebih besar dibanding umbi bawang lokal yang cenderung kecil. Hal ini juga didukung kebijakan pemerintah yang berupaya mendatangkan bawang putih impor ke Indonesia yang tertuang dalam Peraturan Menteri Perdagangan No. 16/M-DAG/PER/4/2013 tanggal 22 April 2013 tentang Ketentuan Impor Produk Hortikultura (Pramono *et al.*, 2015). Mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan upaya perbaikan sifat pada beberapa varietas lokal bawang putih Indonesia.

Keberhasilan program pemuliaan tanaman sangat tergantung pada keragaman genetik dari karakter yang dapat diwariskan. Setelah diperoleh keragaman genetik yang tinggi maka evaluasi dan seleksi dapat dilakukan sebagai tahapan dalam pemuliaan tanaman. Upaya meningkatkan keragaman genetik dapat dilakukan dengan cara mutasi buatan (Collum, *dalam* Sutarto *et al.*, 2004). Perbaikan varietas bawang putih dengan menggunakan teknik mutasi buatan melalui sinar gamma disarankan oleh Koul *et al.*, (*dalam* Sutarto *et al.*, 2004). Pengaruh radiasi sinar gamma digunakan untuk memperbaiki sifat tanaman, misalnya hasil lebih banyak, lebih cepat tumbuh, serta tahan terhadap penyakit (Dewi *dalam* Saraswati, 2002). Sinar gamma adalah jenis iradiasi yang biasa digunakan dalam berbagai bidang karena bermuatan netral, memiliki panjang gelombang pendek dan daya tembus paling tinggi sehingga energi sinar gamma yang dipancarkan sumber terhadap target dapat menimbulkan perubahan pada komposisinya (Lehninger, 1994).

Varietas lokal yang masih dibudidayakan diantaranya bawang putih Lumbu hijau dan Lumbu kuning. Varietas ini adalah varietas lokal yang berasal dari Kota Batu. Kedua varietas lokal ini peka terhadap penyakit *Alternaria* sp dan memiliki keunggulan yaitu rasa yang dihasilkan lebih tajam dengan aroma yang kuat

(Anonim, 2015). Produktivitasnya juga cukup tinggi dibanding bawang putih lokal lainnya yaitu 6-10 ton/ha (Nurhayati, 2013). Perbanyakan bawang putih dilakukan secara vegetatif menggunakan umbi (siung) (Samadi *dalam* Saraswati, 2002). Perbaikan sifat genetik bawang putih Lumbu hijau maupun Lumbu kuning tidak dapat dilakukan dengan persilangan karena tanaman ini sulit berbunga (Suriana, 2011). Tingkat keberhasilan program pemuliaan pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif sangat kecil karena seleksi hanya dapat dilakukan dengan memanfaatkan keragaman genetik di alam.

## **1.2 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengamati pengaruh dosis radiasi sinar gamma pada pertumbuhan dua varietas lokal bawang putih.

## **1.3 Hipotesis**

1. Terdapat pengaruh nyata pada hasil perlakuan pemberian dosis, perbedaan varietas dan interaksi antara dosis dengan varietas.
2. Terdapat penurunan laju pertumbuhan pada kedua varietas bawang putih ketika diberikan dosis radiasi sinar gamma sebesar 9 Gy.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Bawang Putih (*Allium Sativum L*)

Bawang putih adalah tanaman sayuran yang pemanfaatannya menggunakan umbi. Bawang putih telah dikenal dan menjadi bagian kehidupan masyarakat di berbagai peradaban dunia sejak lama. Awal pemanfaatan bawang putih diperkirakan berasal dari Asia Tengah, yaitu di Khazakstan dan di Mediterania kemudian menyebar ke daerah Asia Tengah lainnya seperti Cina dan Jepang yang beriklim subtropik. Di Indonesia, bawang putih dibawa oleh pedagang Cina dan Arab, kemudian dibudidayakan di daerah pesisir atau daerah pantai. Seiring dengan berjalannya waktu kemudian masuk ke daerah pedalaman dan akhirnya bawang putih akrab dengan kehidupan masyarakat Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, bangsa Indonesia menganggap bahwa bawang putih adalah tanaman introduksi (Soedjono, 2003).

Klasifikasi ilmiah menurut Sultan *et al.*, (2009) yaitu: Kingdom: Plantae, Sub-Kingdom: Tracheobionta, Super Division: Spermatophyta, Division: Magnoliophyta, Class: Liliopsida, Sub-Class: Lilidae, Order: Liliales, Family: Liliaceae, Genus: *Allium L*, Species: *Allium sativum L*. Tanaman bawang putih (*Allium sativum L*) adalah tanaman monokotil dan berumpun. Bawang putih memiliki sistem perakaran serabut dan dangkal serta berada di permukaan tanah, sehingga tanaman ini sangat rentan terhadap cekaman kekeringan. Fungsi dari sistem perakaran serabut pada tanaman ini adalah untuk menyerap atau mengisi air dan nutrisi yang ada disekitarnya. Bagian yang berfungsi sebagai batang pada tanaman bawang putih adalah cakram. Cakram berbentuk lingkaran pipih terdapat di dasar umbi dan memiliki struktur kasar dan padat. Fungsi dari cakram pada tanaman bawang sebagai batang pokok yang tidak sempurna dan terletak di dalam tanah.

Pada permukaan bawah cakram tumbuh akar serabut dari tanaman bawang. Tanaman bawang putih juga memiliki batang semu yaitu kumpulan dari kelopak daun yang saling membungkus kelopak daun dibawahnya sehingga terlihat seperti batang. Satu bongkahan bawang putih terdiri dari beberapa siung yang mengelompok dan berkumpul dalam satu cakram (Thomson, 2007). Bawang putih (*Allium sativum*) adalah tanaman herba semusim berumpun yang mempunyai

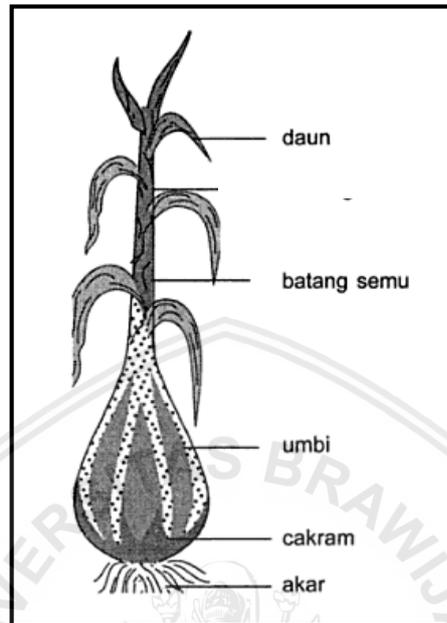
ketinggian sekitar 60 cm (Syamsiah dan Tajudin, 2003). Bawang putih termasuk dalam tanaman herba parenial yang membentuk umbi lapis dan umbinya dapat mencapai ukuran 3,8-7,6 cm dengan diameter yang beragam.

Batang yang nampak diatas permukaan tanah adalah batang semu yang terdiri dari pelepah-pelepah daun. Sedangkan batang sebenarnya berada di dalam tanah. Dari pangkal batang, tumbuh akar berbentuk serabut kecil yang banyak ditumbuhi akar berbentuk serabut kecil berukuran panjang kurang dari 10 cm. Akar yang tumbuh pada batang pokok bersifat rudimenter, yaitu berfungsi sebagai alat penghisap makanan (Soedjono, 2003). Bawang putih membentuk umbi lapis berwarna putih. Sebuah umbi terdiri dari 8–20 siung (anak bawang). Antara siung satu dengan yang lainnya dipisahkan oleh kulit tipis dan liat, serta membentuk satu kesatuan yang kuat dan rapat.

Di dalam siung terdapat lembaga yang dapat tumbuh menerobos pucuk siung menjadi tunas baru, serta daging pembungkus lembaga yang berfungsi sebagai pelindung sekaligus gudang persediaan makanan. Bagian dasar umbi pada hakikatnya adalah batang pokok yang mengalami rudimentasi (Santoso, 2000; Zhang *at al.*, 2001). Helai daun bawang putih berbentuk pita, panjang dapat mencapai 30–60 cm dan lebar 1–2,5 cm, jumlah daun 7–10 helai setiap tanaman. Pelepah daun panjang, merupakan satu kesatuan yang membentuk batang semu. Bunga merupakan bunga majemuk yang tersusun membulat, membentuk infloresensi payung dengan diameter 4–9 cm. Perhiasan bunga berupa tenda bunga dengan 6 tepala berbentuk bulat telur.

Stamen berjumlah 6 dengan panjang filamen 4–5 mm, bertumpu pada dasar perhiasan bunga. Ovarium superior, tersusun atas 3 ruangan. Buah kecil berbentuk kapsul *loculicidal* (Becker dan Bakhuizen, 1963; Zhang *et al.*, 2001). Tanaman ini banyak ditanam di ladang-ladang di daerah pegunungan yang cukup mendapatkan sinar matahari. Batangnya adalah batang semu dan berwarna hijau. Bagian bawahnya bersiung-siung, bergabung menjadi umbi besar berwarna putih. Tiap siung terbungkus kulit tipis dan kalau diiris baunya sangat tajam. Daunnya berbentuk pita (pipih memanjang), tepi rata, ujung runcing, beralur, panjang 60 cm dan lebar 1,5 cm. berakar serabut. bunganya berwarna putih, bertangkai panjang dan bentuknya payung (Syamsiah dan Tajudin, 2003).

Bagian-bagian tanaman bawang putih dapat dilihat pada Gambar 1. Tanaman bawang putih tidak memiliki bunga sehingga tanaman ini tidak dapat dibiakkan dengan persilangan (Suriana, 2011).



Gambar 1. Bagian-bagian dari Tanaman Bawang Putih (Hilman *et al.*, 1997).

Bawang putih dapat tumbuh pada berbagai ketinggian tempat bergantung kepada varietas yang digunakan. Luas penanaman yang paling terletak pada ketinggian di atas 700 meter. Produksi per satuan luas di dataran tinggi lebih besar dari pada di dataran rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor agroklimat yang berpengaruh terhadap pertumbuhan bawang putih adalah lokasi penanaman. Derajat kemasaman tanah (pH) yang paling disukai adalah 6,5-7,5, sedangkan apabila  $\text{pH} > 6,5$  maka tanah harus diberi kapur terlebih dahulu. Hasil percobaan pada tanah Latosol merah kuning Subang (tergolong lahan marginal dengan  $\text{pH} = 4,8$ ), kebutuhan kapur untuk mencapai  $\text{pH} = 6$  setara dengan 9,6 ton/ha dapat meningkatkan hasil umbi bawang putih (Suwandi 1990). Tanaman bawang putih dapat tumbuh pada berbagai tipe tanah. Pada tanah yang ringan, gembur (bertekstur pasir atau lempung) dan mudah meneteskan air (porous) dapat menghasilkan umbi bawang putih yang lebih baik dari pada tanah yang berat seperti liat atau lempung. Daerah penyebaran bawang putih di Indonesia yaitu Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Lombok dan Nusa Tenggara Timur (Ditjentan 1997 dalam Hilman *et al.*, 1997).

## 2.2 Deskripsi Varietas Bawang Putih

### 2.2.1 Bawang Putih Lumbu Hijau

Lumbu hijau ialah salah satu jenis bawang putih lokal unggulan Indonesia yang cocok ditanam di dataran tinggi yaitu pada ketinggian 900-1200 mdpl. Berdasarkan hasil karakterisasi Hardiyanto *et al.*, (2007), dilihat dari karakter pertumbuhan tanaman, rata-rata tinggi tanaman Lumbu hijau yaitu 25 cm dengan diameter batang semu 1,07 cm. Daun berwarna hijau muda dengan jumlah daun 14 helai dan orientasi daun menyebar. Sedangkan hasil pengamatan karakter umbi, tanaman Lumbu hijau memiliki umbi berwarna ungu muda dengan bentuk umbi *flat globe* yaitu berbentuk bulat telur dengan ujung meruncing dan dasarnya rata. Jumlah siung dalam satu umbi Lumbu hijau mencapai 19 siung dengan warna siung sama seperti warna umbinya yaitu ungu muda. Lumbu hijau termasuk jenis bawang putih yang berumur panen sedang yaitu 111-131 hst dengan jumlah produksi 29,49 ton per ha. Berat umbi per tanamannya 53,33 gram dengan diameter 4,07 cm dan rata-rata berat siung umbinya 1,5 gram.

### 2.2.2 Bawang Putih Lumbu Kuning

Lumbu kuning ialah salah satu jenis bawang putih lokal unggulan Indonesia seperti halnya Lumbu hijau. Namun Lumbu kuning cocok ditanam di dataran medium yaitu pada ketinggian 600-900 mdpl. Berdasarkan hasil karakterisasi Hardiyanto *et al.*, (2007), dilihat dari karakter pertumbuhan tanaman, rata-rata tinggi tanaman Lumbu kuning yaitu 25,2 cm dengan diameter batang semu 0,73 cm. Daun berwarna hijau kekuningan dengan jumlah daun 12 helai dan orientasi daun menyebar. Sedangkan hasil pengamatan karakter umbi, tanaman Lumbu kuning memiliki umbi berwarna ungu tua dengan bentuk umbi *flat globe* yaitu berbentuk bulat telur dengan ujung meruncing dan dasarnya rata. Jumlah siung dalam satu umbi Lumbu kuning lebih sedikit dari Lumbu hijau yaitu 14 siung dengan warna siung putih keunguan. Lumbu kuning termasuk jenis bawang putih yang berumur panen pendek yaitu 90-110 hst dengan jumlah produksi 20 ton per ha. Berat umbi per tanamannya 40,33 gram dengan diameter 3,97 cm dan rata-rata berat siung umbinya 1,82 gram.

### 2.3 Pemuliaan Bawang Putih

Teknik budidaya bawang putih dapat dilakukan secara konvensional maupun modern. Secara konvensional biasanya dilakukan dengan reproduksi secara aseksual dengan tunas adventif pada siung bawang putih. Siung untuk bibit hendaknya bebas serangan hama dan patogen, bernas, dan memiliki ukuran 1,5-3 gram per siung (Adiyoga *et al.*, 2004). Bawang putih (*Allium sativum* L) adalah contoh tanaman yang benar-benar steril menyebarkan vegetatif (Winiarczyk *et al.*, 2008). Produksi bawang putih saat ini bergantung sepenuhnya pada propagasi aseksual dari tanaman sementara bunga dalam bawang putih telah lama dikenal, tidak ada catatan benar produksi benih bawang putih sebelum dikenal tahun 1950 (Simon, 2003). Tanaman betina steril tidak menetapkan biji bahkan setelah penyerbukan dengan serbuk sari yang kompatibel, dan pengembangan terganggu ovul, embrio kantung atau putik merupakan penghalang utama untuk propagasi generatif. Sehingga secara tidak langsung tanaman ini akan membentuk klon (Winiarczyk *et al.*, 2008).

Sedangkan pengembangan yang dilakukan secara modern yaitu dengan upaya mutasi. Mutasi adalah suatu perubahan genetik pada sejumlah gen atau susunan kromosom maupun gen tunggal. Pada peristiwa mutasi terjadi perubahan terhadap urutan (*sequences*) nukleotida DNA sehingga menyebabkan perubahan pada protein yang dihasilkan (Nasir, 2002). Mutasi lebih sering terjadi pada bagian sel yang sedang aktif membelah, misalnya pada tunas dan biji. Berdasarkan proses terjadinya, mutasi dibagi menjadi dua yaitu mutasi alami dan mutasi induksi. Pada pemuliaan tanaman inkonvensional mutasi induksi lebih sering digunakan karena dapat menambah keanekaragaman genetik dari tanaman (Sofia, 2007). Senyawa mutagen dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu mutagen fisik dan mutagen kimia.

Mutagen fisik yang sering digunakan untuk bahan penelitian contohnya seperti sinar X, sinar  $\alpha$ , sinar  $\beta$  sinar  $\gamma$  dan sinar UV sedangkan mutagen kimia contohnya seperti EMS (*ethylene methane sulfonate*), NMU (*nitrosomethyl urea*), dan NTG (*nitrosoguanidine*) (Perwati, 2009). Yusdar *et al.*, (1997) menyatakan bahwa perbaikan mutu umbi bawang putih perlu dilaksanakan secara inkonvensional. Perbaikan mutu ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan variasi genetik tanaman bawang putih. Mutan pertama tahun 1990 terhadap Subang, dosis

10 Gy sinar gamma, 0,03-0,06 EMS, DES, EI, kombinasi sinar gamma dan EMS meningkatkan produksi dan jumlah umbi (Novak *dalam* Qosim, 2006; Selvaraj *et al.*, *dalam* Sutarto *et al.*, 2004). Choudry dan Dyansagar (*dalam* Sutarto *et al.*, 2004) melaporkan bahwa radiasi sinar gamma pada bawang putih menghasilkan 16 mutan pada MV 2 dan MV 3 sedangkan Marchesi (*dalam* Sutarto *et al.*, 2004) mendapatkan mutan bawang putih dari hasil radiasi sinar gamma pada dosis 1-4 Gy. Upaya perbaikan juga dapat dilakukan dengan menggunakan kolkhisin.

## 2.4 Radiasi Sinar Gamma

Radiasi sinar gamma adalah salah satu induksi mutasi yang menggunakan mutagen fisik. Crowder (*dalam* Misniar, 2008) menyatakan bahwa radiasi adalah istilah yang digunakan untuk berbagai pancaran cahaya, pancaran panas, pancaran radio dan TV serta ultraviolet. Sedangkan secara umum radiasi diartikan sebagai pemancaran suatu energi elektromagnetik atau partikel-partikel dengan kecepatan tinggi (Darussalam, 1996). Zat yang dapat memancarkan radiasi disebut zat radioaktif. Zat radioaktif adalah zat yang mempunyai inti atom tidak stabil, sehingga zat tersebut mengalami transformasi spontan menjadi zat dengan inti atom yang lebih stabil dengan mengeluarkan partikel atau sifat sinar tertentu. Proses transformasi spontan ini disebut peluruhan, sedangkan proses pelepasan partikel atau sinar tertentu disebut radiasi.

Radiasi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu, iradiasi panas dan iradiasi pengion. Iradiasi panas menggunakan frekuensi rendah atau dengan panjang gelombang misalnya infra merah. Iradiasi pengion menggunakan frekuensi tinggi misalnya sinar alfa, beta dan gamma (Darussalam, 1996). Iradiasi sinar gamma adalah sebuah bentuk iradiasi pengion yang lebih menembus ke dalam suatu substrat daripada iradiasi alfa atau beta (Darussalam, 1996). Sinar gamma adalah jenis iradiasi yang biasa digunakan dalam berbagai bidang karena bermuatan netral, panjang gelombang pendek dan daya tembus paling tinggi sehingga energi sinar gamma yang dipancarkan sumber terhadap target dapat menimbulkan perubahan pada komposisinya. Besar kecilnya perubahan efek iradiasi sinar gamma tergantung dari energi dan waktu sumber radio aktif (Lehninger, 1994). Hidayati (2009), mengatakan bahwa sinar gamma adalah bentuk sinar yang paling kuat dari bentuk

radiasi yang ada, kekuatannya hampir 1 miliar kali lebih berenergi dibanding radiasi sinar X.

Radiasi sinar gamma merupakan salah satu induksi mutasi yang menggunakan mutagen fisik. Crowder (1986) menyatakan bahwa radiasi adalah istilah yang digunakan untuk berbagai pancaran cahaya, pancaran panas, pancaran radio dan TV serta ultraviolet. Sinar gamma adalah sinar yang dipancarkan dari isotop radioaktif dan reaktor nuklir, panjang gelombangnya lebih pendek dari sinar X, lebih kuat daya tembusnya terhadap jaringan (mencapai satuan cm), dikenal sebagai sinar kuat, dan penting untuk menginduksi perubahan genetik (Briggs & Costantin, 1977; Crowder, 1986). Satuan SI untuk dosis radiasi adalah Joule per kg (J/kg), gray (Gy) atau sama dengan 100 rad (Wiryoimin, 1995). Menurut Broertjes dan Van Harten (1988) pada kultur kalus tanaman *anthurium*, yang termasuk dalam famili *Araceae*, dosis radiasi yang optimum adalah 7.5 Gy.

Iradiasi sinar gamma dapat menghasilkan energi yang tinggi sehingga dapat merusak ikatan kimia suatu senyawa menjadi senyawa baru apabila diberikan pada biji, tunas tanaman, serbuk sari, pucuk apikal, jaringan dan sel. Pemberian sinar gamma pada suatu tingkat dosis tertentu dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan hilangnya kemampuan sebagian sel pada meristem untuk membelah diri dan menyebabkan aktivitas pembelahan sel-sel meristem yang lain meningkat (Ichikawa dan Ikhusima dalam S. Oktaviana, 2011). Perlakuan dosis tinggi akan mengakibatkan kematian bahan yang dimutasi atau mengakibatkan sterilisasi. Pemberian dosis rendah pada umumnya dapat mempertahankan daya hidup atau tunas dan dapat memperpanjang waktu kemasakan pada buah dan sayuran. Tanaman mutan juga memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap serangan patogen dan kekeringan (Micke dalam Qosim, 2006).

### 3. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Radiasi umbi bawang putih dilakukan di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR-BATAN), Pasar Jumat, Jakarta Selatan. Penanaman bawang putih dilaksanakan di Desa Punten, Kecamatan Bumiaji Kota Batu pada bulan Februari 2016 sampai bulan Juni 2016. Kota Batu memiliki ketinggian tempat yaitu 1.062 mdpl dengan suhu rata-rata 18-28<sup>0</sup>C dengan kelembaban 90%.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu cangkul, gembor, ember, selang, gelas ukur, sendok, meteran, *sprayer*, kawat lunak, timbangan, jangka sorong, penggaris, alat tulis dan kamera. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu kertas label, ajir bamboo, raffia, plastik bening, pupuk kandang (kotoran ayam), air, jerami, pupuk urea, NPK, ZA dan Pestisida.

Bahan tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah umbi hasil mutasi bawang putih varietas lumbu hijau dan lumbu kuning dengan jumlah 300 siung tiap varietas.

#### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF) dengan 2 faktor yaitu:

1. Varietas lokal bawang putih:

V1= Bawang putih lumbu hijau

V2= Bawang putih lumbu kuning

2. Dosis radiasi sinar gamma:

D0= 0 Gy (kontrol)

D3= 3 Gy

D6= 6 Gy

D9= 9 Gy

Kedua faktor lalu dikombinasikan dan diperoleh total 8 kombinasi perlakuan. Tiap kombinasi dilakukan ulangan sebanyak 3 kali dan terhadap 24 unit percobaan masing-masing kombinasi perlakuan menggunakan 25 siung bawang, sehingga jumlah siung yang digunakan per ulangan adalah 200. Total terdapat 600

siung yang digunakan dalam percobaan ini dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Pengamatan dilakukan pada semua siung yang ditanam.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 1. Persiapan Bahan Tanaman

Bahan tanaman yang digunakan diperoleh dari petani bawang putih di daerah Batu, Jawa Timur. Bahan tanam yang sudah dikeringkan dimasukkan kedalam plastik bening biasa tanpa diikat untuk mencegah terjadinya kelembaban yang tinggi. Siung bawang sebelumnya telah dipisah-pisah dan dibedakan per plastik lalu diberi label untuk mempermudah perlakuan. Kemudian bahan tersebut disusun rapi dan ditata di dalam kardus untuk selanjutnya dibawa ke BATAN. Bahan tanam kemudian dibawa ke PATIR-BATAN untuk dilakukan radiasi. Radiasi yang dilakukan merupakan radiasi tunggal (*acute irradiation*), yaitu teknik pemberian iradiasi dengan satu kali penyinaran. Dosis iradiasi yang diberikan terdiri dari 4 taraf, yaitu 0 Gy, 3 Gy, 6 Gy dan 9 Gy.



Gambar 2. Persiapan radiasi, bahan tanam dimasukkan kedalam mesin Chamber 6000 A

#### 2. Pengolahan Tanah

Lahan yang digunakan terlebih dahulu diolah dan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya. Pengolahan lahan dilakukan dengan cara mencangkul tanah dan mencampur lapisan atas tanah agar tanah menjadi remah dan mudah untuk ditanami.

#### 3. Pemupukan

Pemberian pupuk dilakukan dengan 2 tahap yaitu sebelum penanaman digunakan pupuk kandang kotoran ayam sebagai pupuk dasar dan sesudah

penanaman sebagai pupuk susulan. Pemupukan dasar dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman pada awal pertumbuhan. Dosis pupuk kandang yang dianjurkan yaitu 10 ton/ha, sesuai perhitungan maka sebanyak 68,64 kwintal/ha diberikan di lahan tanam. Lalu dosis untuk pupuk anorganik adalah 400 Kg/ha NPK dan 200 Kg/ha ZA. Setelah dikonversi didapatkan dosis pemberian per tanaman yaitu 0,24 gram NPK/tanaman dan 19,2 gram pupuk ZA/tanaman. Pengaplikasian pupuk dilakukan sebanyak 3 kali selama pertumbuhan yaitu sebelum tanam, 20 hst dan 40 hst.

#### **4. Pembuatan Bedengan**

Pembuatan bedengan dilakukan satu minggu sebelum tanam. Ukuran lahan yang digunakan yaitu 13,2 m x 5,2 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm dan total 24 bedengan. Tiap satu bedengan terdapat 25 lubang tanam dengan tinggi bedengan 20 cm. Jarak antar bedengan adalah 40 cm.

#### **5. Penanaman**

Jarak tanam yang digunakan ialah 20 cm x 20 cm. Penanaman dilakukan pada pagi hari. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman sekitar 2-3 cm. Lubang tanam tersebut dibuat dengan cara ditugal, lalu siung dimasukkan  $\frac{3}{4}$  bagian. Bibit ditanam secara tegak ke dalam lubang tanam dan ditutup tipis dengan tanah. Bawang yang ditanam adalah bawang putih yang sudah diradiasi dengan sinar gamma dengan dosis 0 Gy, 3 Gy, 6 Gy dan 9 Gy.

#### **6. Pemeliharaan**

Kegiatan pemeliharaan meliputi pengairan, penyiangan gulma, penyulaman, pemupukan susulan dan pengendalian hama penyakit. Penyiraman dilakukan secara periodik, setiap hari atau menyesuaikan kondisi media tanam. Penyiangan gulma dilakukan setiap minggu atau sesuai dengan kondisi. Penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman yang mengalami kerusakan, mati atau pertumbuhannya tidak normal. Penyulaman dilakukan pada 10 hari setelah tanam agar pertumbuhannya seragam. Pemupukan susulan dilakukan dua kali yaitu 20 hst dan 40 hst. Sedangkan pengendalian hama penyakit dilakukan dengan menyemprotkan insektisida dan fungisida sebanyak 1 kali dalam satu minggu secara periodik hingga panen.

## 7. Panen

Pemanenan dilakukan setelah tanaman berumur sekitar 4 bulan. Ciri-ciri tanaman tersebut siap dipanen yaitu daun-daunnya mulai menguning dan mengering atau sekitar 50-65% dari jumlah populasi tanaman yang ada; pangkal batang semu tampak layu dan rebah; dan umbinya padat, bentuk siung kompak, cukup keras dan warnanya mengkilat. Cara pemanenannya yaitu dengan mencabut seluruh bagian tanaman secara hati-hati menggunakan tangan atau bantuan alat. Kemudian dibersihkan dari tanah atau kotoran yang melekat (Yoseph, 2006).

### 3.5 Pengamatan

#### 1. Waktu Inisiasi Tunas (hst)

Pengamatan ini dilakukan setiap hari. Tiap tanaman dilihat keseragaman pertumbuhan tunasnya ketika tunas mencapai tinggi 5 cm diatas permukaan tanah.

#### 2. Presentase Tanaman yang Tumbuh (%)

Pengamatan presentase tanaman yang tumbuh dihitung mulai 2 minggu setelah tanam, karena pertumbuhannya dirasa telah stabil. Pengamatan dilakukan hingga panen.

#### 3. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur dari pangkal tanaman diatas permukaan tanah sampai ujung daun terpanjang. Pengamatan ini dilakukan mulai 2 minggu setelah tanam dan diulang setiap seminggu sekali hingga dilakukan pemanenan menggunakan penggaris dan meteran. Satuan yang digunakan yaitu centimeter.

#### 4. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung setiap minggunya secara manual. Perhitungan dilakukan pada daun yang sudah membuka dengan sempurna. Perhitungan dilakukan mulai 2 minggu setelah tanam dan diulang setiap seminggu sekali.

#### 5. Jumlah Siung

Perhitungan jumlah siung umbi tanaman dilakukan langsung setelah tanaman dipanen dengan cara menghitung siung yang ada dalam umbi tanaman satu per satu.

## 6. Diameter Umbi (Cm)

Pengukuran diameter umbi dilakukan pada setiap umbi tanaman masing-masing perlakuan, langsung setelah tanaman dipanen dengan menggunakan jangka sorong dan dinyatakan dalam satuan centimeter (cm).

## 7. Berat Basah Tanaman (Gram)

Pengukuran berat basah tanaman dilakukan setelah pemanenan tanaman dengan cara menimbang sampel tanaman per plotnya dan dinyatakan dalam satuan gram.

## 8. Berat Kering Tanaman (Gram)

Pengukuran berat kering tanaman dilakukan dengan menimbang sampel tanaman pada tiap plot setelah dikeringkan dalam oven dengan suhu 65-85°C selama 2x24 jam dan dinyatakan dalam satuan gram.

### 3.6 Analisis data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) untuk RAK Faktorial menggunakan uji F pada taraf 5% (Tabel. 1).

Tabel 1. Tabel ANOVA RAK Faktorial

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F tabel 5%
Ulangan	r-1	$JK_r$	$JK_r/db$	$KT_r/ KT_g$	
Perlakuan	p-1	$JK_p$	$JK_p/db$	$KT_p/ KT_g$	
D	k-1	$JK_d$	$JK_d/db$	$KT_d/ KT_g$	
L	l-1	$JK_l$	$JK_l/db$	$KT_l/ KT_g$	
DL	$(d-1)(l-1)$	$JK_{dl}$	$JK_{dl}/db$	$KT_{dl}/ KT_g$	
Galat	$(u-1)(p-1)$	$JK_g$	$JK_g/db$		
Total	$(u \times p)-1$				

#### Keterangan

- r : Ulangan
- p : Perlakuan
- D : Dosis Radiasi
- L : Varietas Lokal
- Db : Derajat Bebas
- JK : Jumlah Kuadrat
- KT : Kuadrat Tengah
- DL : Interaksi antara dosis radiasi dan varietas lokal

Jika hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji lanjut BNJ pada taraf 5% dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{BNJ } 0,05\% = \text{qtabel} \times \sqrt{\frac{\text{KT Galat}}{r}}$$

dimana;

qtabel : nilai taraf nyata 5% pada tabel BNJ berdasarkan db galat dan jumlah perlakuan

KT Galat : nilai kuadrat tengah galat pada tabel Anova



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisis Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang diamati pada penelitian ini adalah waktu inisiasi tunas, presentase tumbuh tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah siung, berat basah, berat kering dan diameter umbi. Berdasarkan hasil analisis ragam, factor varietas menunjukkan hasil berbeda nyata pada parameter pengamatan waktu inisiasi tunas, presentase tumbuh dan jumlah daun umur 28 hst-63 hst sedangkan menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun umur 70 hst dan 77 hst, jumlah siung, berat basah, berat kering, dan diameter umbi. Faktor pemberian dosis radiasi menunjukkan hasil berbeda nyata pada persentase tumbuh tanaman, tinggi tanaman umur 35 hst-77 hst, jumlah daun, jumlah siung, berat basah dan berat kering. Sedangkan hasil yang tidak berbeda nyata terdapat pada parameter waktu inisiasi tunas, tinggi tanaman umur 14 hst-28 hst dan diameter umbi. Hasil analisis ragam pada parameter pengamatan bawang putih disajikan dalam Tabel 2. Hasil yang menunjukkan berbeda nyata kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ taraf 5%.

Tabel 2. Hasil Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan	Umur Tanaman (hst)	Faktor Perlakuan		
		Varietas	Dosis (Gy)	V x D
Waktu Inisiasi Tunas	-	5.004 *	1.154 tn	1.147 tn
Persentase Tumbuh Tanaman	14	6.415 *	7.629 **	0.428 tn
Tinggi Tanaman	14	0.248 tn	0.022 tn	2.084 tn
	21	0.004 tn	0.682 tn	2.123 tn
	28	0.126 tn	1.607 tn	1.674 tn
	35	0.319 tn	8.296 **	1.069 tn
	42	1.439 tn	8.727 **	1.174 tn
	49	1.330 tn	11.205 **	1.923 tn
	56	0.761 tn	26.540 **	1.554 tn
	63	1.823 tn	15.719 **	1.582 tn
	70	1.585 tn	25.746 **	1.406 tn
	77	0.137 tn	17.480 **	0.164 tn
Jumlah Daun	28	2.667 **	1.2663 **	0.315 tn
	35	13.574 **	5.953 **	1.047 tn
	42	18.258 **	5,673 **	1.346 tn
	49	23.871 **	5.708 **	0.944 tn
	56	12.888 **	9.088 **	0.509 tn
	63	6.166 *	15.955 **	1.826 tn
	70	0.126 tn	6.689 **	0.998 tn
	77	0.001 tn	11.907 **	0.954 tn
Berat Basah	128	1.229 tn	10.065 **	1.028 tn
Berat Kering	171	2.477 tn	5.841 **	0.672 tn
Diameter Umbi	171	0.814 tn	2.255 tn	0.933 tn
Jumlah Siung	171	0.307 tn	5.090 *	0.802 tn

Keterangan: angka dalam tabel adalah nilai F hitung hasil analisis ragam pada taraf  $\alpha = 0,05$ . tn=tidak nyata; \*\*= nyata pada F tabel 0,01; \*= nyata pada F Tabel 0,05

#### 4.1.1 Waktu Inisiasi Tunas (hst)

Pengaruh varietas pada waktu inisiasi tunas menunjukkan berbeda nyata dengan nilai rerata sebagai berikut

Tabel 3. Rerata Perlakuan pada Waktu Inisiasi Tunas

Perlakuan	Rerata
Varietas	
Lumbu Hijau	11.033 b
Lumbu Kuning	9.103 a
KK (%)	72.04
BNJ 5%	1.57

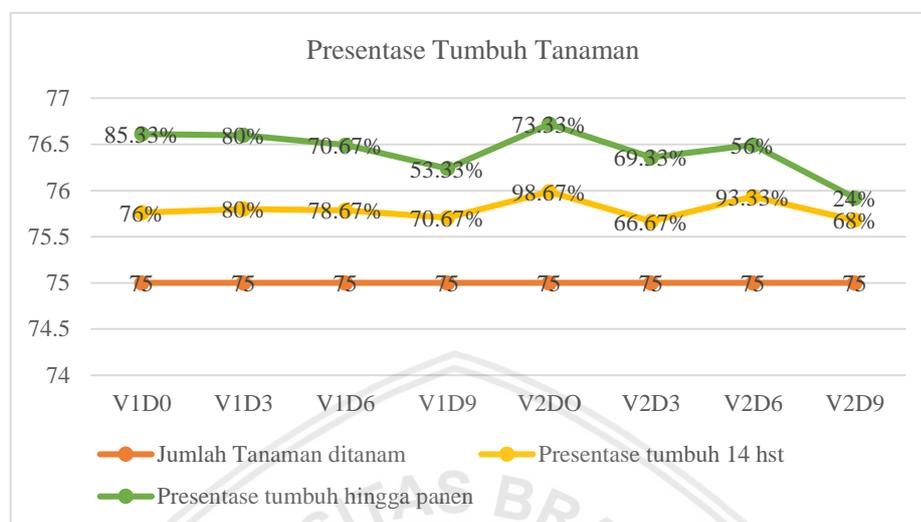
Keterangan: Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut table BNJ taraf 5%.

Dilihat dari nilai reratanya, rerata lumbu hijau lebih besar dibandingkan dengan varietas lumbu kuning. Hal ini diduga karena lumbu hijau lebih cocok ditanam pada dataran tinggi dibanding lumbu kuning yang masih tolerir terhadap dataran medium (Agriculture, 2016) dan Menurut deskripsi varietas tanaman dari Kementerian Pertanian (1984), Lumbu Hijau baik ditanam pada daerah dengan ketinggian 900 – 1,100 mdpl sehingga waktu inisiasi tunas pada varietas lumbu hijau lebih cepat.

#### 4.1.2 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas terhadap Persentase Tumbuh Tanaman

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi pada nilai presentase tumbuh tanaman. Pengaruh nyata hanya terdapat pada faktor dosis radiasi dan faktor varietas. Presentase tumbuh tanaman pada dosis radiasi 3 Gy dan 6 Gy tidak berbeda nyata terhadap variabel kontrol, tetapi pada dosis 9 Gy menunjukkan berbeda nyata dengan variabel kontrol. Sedangkan perlakuan varietas bawang putih yaitu lumbu hijau dan lumbu kuning tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada parameter presentase tumbuh tanaman. Namun pada varietas Lumbu Hijau hasil persentase lebih stabil dibanding varietas Lumbu Kuning. Pemberian dengan dosis 3 Gy dan 6 Gy belum dapat dikatakan sebagai dosis lethal sebab pada pemberian 6 Gy nilai persentase pada kedua varietas menunjukkan nilai yang tinggi. Baik pada varietas Lumbu Hijau maupun Lumbu Kuning, perlakuan

dengan kombinasi radiasi dosis 9 Gy sama-sama memberikan hasil yang rendah. Grafik pertumbuhannya dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 3. Grafik Persentase Tumbuh Tanaman

#### 4.1.3 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas Terhadap Tinggi Tanaman

Berdasarkan pengamatan, dari ketiga faktor perlakuan hanya faktor pemberian dosis yang memberikan hasil berbeda nyata yaitu mulai 35 hingga 77 hst sedangkan pada perlakuan varietas dan interaksi antara dosis radiasi dengan varietas tidak terdapat pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman.

Pada umur 14, 21 dan 28 hari setelah tanam (hst) menunjukkan belum terdapat perbedaan nyata pada faktor yang dipengaruhi oleh pemberian dosis, baik pada kontrol, 3 Gy, 6 Gy dan 9 Gy. Baru pada umur 35 hst terdapat hasil yang menunjukkan bahwa perlakuan kontrol dan dosis 3 Gy memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dibanding perlakuan 9 Gy, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis 6 Gy.

Tabel 4. Rerata Pengaruh Dosis pada Tinggi Tanaman

Perlakuan	Tinggi tanaman pada umur (hst)						
	Dosis	35	42	49	56	63	70
0 Gy	12.874 b	15.515 b	17.977 b	20.417 b	22.447 b	24.903 b	25.129 b
3 Gy	12.993 b	15.383 b	17.491 b	19.725 b	21.523 b	22.391 b	21.651 b
6 Gy	10.593 ab	13.259 ab	15.397 ab	17.747 b	19.655 b	20.151 b	19.782 b
9 Gy	8.827 a	10.923 a	12.786 a	13.379 a	13.875 a	12.097 a	9.883 a
KK (%)	14.99	13.01	10.88	8.45	12.26	13.45	20.04
BNJ 5%	2.10	2.22	2.14	1.86	2.94	3.31	4.74

Keterangan : Bilangan yang diikuti dengan notasi yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut BNJ 5%..

Pada umur 35 hingga 77 hst, terlihat bahwa pemberian dosis sebesar 9 Gy menyebabkan tinggi tanaman tidak bertambah namun cenderung menekan sehingga tidak dapat lagi tumbuh.

#### 4.1.4 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas Terhadap Jumlah Daun

Penghitungan jumlah daun dilakukan pada 28 hst atau 2 minggu setelah tanam pada setiap perlakuan. Kemudian dilakukan selang waktu 1 minggu berikutnya hingga umur 77 hst. Pada parameter jumlah daun, faktor dosis radiasi memberikan hasil berbeda nyata mulai 28 hingga 77 hst begitu pula faktor varietas yang memberikan hasil berbeda nyata pada 28 hst hingga 63 hst. Setelah diketahui terdapat hasil yang berbeda nyata, lalu dilakukan uji lanjutan menggunakan uji lanjut BNJ 5%.

Tabel 5. Rerata Pengaruh Dosis dan Varietas Radiasi Terhadap Jumlah Daun

Perlakuan	Jumlah daun pada						
	28 hst	42 hst	49 hst	56 hst	63 hst	70 hst	77 hst
<b>Dosis Radiasi</b>							
D0	3.42 b	3.91 a	4.007 a	4.06 b	4.73 b	4.09 a	4.09 b
D3	2.77 ab	3.47 a	3.66 a	3.82 ab	3.967 b	3.90 a	3.93 b
D6	2.87 ab	3.29 a	3.527 a	3.627 ab	3.760 ab	3.87 a	3.78 b
D9	2.3 a	3.14 a	3.387 a	3.367 a	3.287 a	2.66 a	2.28 a
KK (%)	13.76	9.9	7.47	6.42	5.66	17.08	16.88
BNJ 5%	0.92	0.81	0.65	0.56	0.51	1.47	1.41
<b>Varietas</b>							
V1	2.51 a	3.15 a	3.37 a	3.54 a	3.66 a	3.68 a	3.53 a
V2	3.17 a	3.75 a	3.92 b	3.89 a	3.88 a	3.59 a	3.52 a
KK (%)	13.76	9.9	7.47	6.42	5.66	17.08	16.88
BNJ 5%	0.68	0.59	0.48	0.41	0.37	1.08	1.041

Hasil uji lanjut menggunakan BNJ menunjukkan bahwa pada faktor pemberian dosis umur 28 hst pada perlakuan kontrol memberikan nilai rerata yang paling tinggi dibandingkan nilai dari pemberian dosis radiasi 3-9 Gy. Nilai paling rendah untuk jumlah daun pada 28 hst terdapat pada pemberian dosis 9 Gy. Pada 35 hingga 49 hst dan 70 hst hasil menunjukkan tidak terdapat perbedaan secara nyata antara perlakuan kontrol dan pemberian radiasi, namun nilai rerata tertingginya terdapat pada perlakuan kontrol.

Pada pengamatan 56, 63 dan 77 hst menunjukkan bahwa perlakuan kontrol adalah perlakuan yang terbaik dibandingkan dengan dosis 3, 6 dan 9 Gy. Sedangkan perlakuan yang menghasilkan rerata rendah berada pada perlakuan dengan dosis 9 Gy. Pada 56 hst, dosis 3 dan 6 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dengan dosis 9 atau kontrol. Pada 63 hst, pemberian dosis 6 tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan pemberian dosis 9 maupun dengan 6 Gy dan kontrol. Pada 77 hst perlakuan kontrol, 3 dan 6 Gy memberikan hasil yang signifikan dibanding dengan perlakuan dosis 9 Gy. Namun lebih direkomendasikan perlakuan kontrol karena tanpa pemberian sinar gamma pun hasil reratanya sudah tinggi.

#### **4.1.5 Pengaruh Dosis Radiasi dan Varietas pada Berat Basah dan Berat Kering Tanaman**

Pengamatan juga dilakukan pada hasil panen Bawang Putih. Parameter hasil panen yang diamati pada penelitian ini adalah berat kering, berat basah, diameter umbi (mm) dan jumlah siung. Pengukuran berat basah dan berat kering tanaman dilakukan setelah pemanenan tanaman dengan cara menimbang sampel tanaman per perlakuan dan dikelompokkan berdasarkan tanggal panennya kemudian untuk analisis perhitungan, rata-rata berat basah dan berat kering dijumlah berdasarkan kode perlakuan. Berdasarkan hasil uji lanjut dari tabel anova, faktor dosis memberikan hasil berbeda nyata terhadap parameter berat basah dan berat kering, sehingga dilakukan uji lanjutan untuk menentukan perlakuan terbaik dengan hasil tercantum pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Rerata Pengaruh Dosis pada Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Perlakuan	Berat Basah (Gram)	Berat Kering (Gram)
D0	4.09 b	2.72 a
D3	3.03 ab	2.51 a
D6	2.16 ab	1.97 a
D9	1.12 a	0.89 a
KK %	41.03	37.54
BNJ 5%	1.96	2.31

Dari tabel diatas, dapat kita ketahui bahwa pada hasil analisis parameter berat basah terdapat 3 notasi yang berbeda. Perlakuan kontrol adalah perlakuan yang menghasilkan berat basah paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan dosis 3 dan 6 Gy menunjukkan hasil yang masih tergolong wajar jika dibandingkan dengan dosis 9 Gy. Pemberian dosis 9 Gy adalah perlakuan yang menghasilkan nilai berat basah paling sedikit. Nilai ini dipengaruhi dari banyaknya tanaman yang dipanen dari setiap perlakuannya. Berbeda dengan berat basah, pada hasil analisis berat kering tidak menunjukkan adanya hasil yang berbeda nyata, dimana semua perlakuan menghasilkan notasi yang sama yaitu notasi a.

Namun dilihat dari nilai rata-ratanya, perlakuan kontrol adalah perlakuan yang menghasilkan berat kering paling banyak daripada perlakuan lainnya. Faktor yang dipengaruhi varietas tidak menghasilkan nilai yang berbeda nyata jika dilakukan uji lanjut, namun dilihat dari nilai rata-ratanya, varietas lumbu kuning menghasilkan berat basah yang lebih banyak dibanding dengan varietas lumbu hijau. Sebaliknya, pada hasil rata-rata berat kering nilai rata-rata berat kering pada lumbu hijau justru lebih besar dibandingkan dengan varietas lumbu kuning.

#### 4.1.6 Diameter Umbi dan Jumlah Siung

Untuk pengukuran diameter umbi, dapat menggunakan jangka sorong yang dapat dengan langsung terbaca ukurannya, atau dapat juga menggunakan meteran jahit namun cara yang dilakukan lebih lama dibanding dengan menggunakan jangka sorong. Perhitungan jumlah siung umbi tanaman dilakukan setelah tanaman dipanen dengan cara menghitung siung yang ada dalam umbi tanaman satu per satu. Kita bisa memperkirakan jumlah siung yang tertutup dengan cara meraba dan

merasakannya secara perlahan saat menghitung. Jika masih sulit untuk diperkirakan, kita dapat mengambil sampel 10% dari total perlakuan untuk menghitung jumlah siungnya. Perhitungan antara berat kering, jumlah siung dan diameter dilakukan secara bersamaan agar menghemat waktu pengerjaan dan lebih efisien.

Dari nilai rerata tersebut kemudian dilakukan analisis dengan tabel anova dan didapatkan hasil bahwa diameter umbi tidak memberikan hasil berbeda nyata di semua faktor perlakuan sedangkan pada parameter jumlah siung terdapat hasil berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis. Hasil yang berbeda nyata ini diuji lanjut menggunakan BNJ 5% dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Rerata Pengaruh Dosis pada Jumlah Siung

Perlakuan	Jumlah Siung
D0	4.42 a
D3	4.08 a
D6	3.61 a
D9	1.64 a
KK (%)	39.29
BNJ 5%	3.20

Notasi dari semua perlakuan menunjukkan notasi yang sama yaitu notasi a baik pada perlakuan kontrol maupun perlakuan yang diberi dosis berbeda. Namun jika diamati dari nilai reratanya, nilai rerata perlakuan control adalah nilai yang paling tinggi dibanding yang diberikan radiasi. Nilai rerata yang paling rendah terdapat pada pemberian dosis radiasi sebesar 9 Gy.

## 4.2 Pembahasan

Radiasi adalah proses pemancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas, partikel, atau gelombang elektromagnetik (foton) dari suatu sumber energi. Radiasi dengan tingkat energi yang terukur atau diketahui dosisnya disebut iradiasi. Iradiasi dengan energi yang tinggi dapat menyebabkan perubahan atau reaksi pada obyek yang dikenai dengan cara ionisasi, yaitu dihasilkannya ion-ion dalam bahan yang ditembus oleh energi tersebut (Badan Tenaga Nuklir Nasional 2008). Sinar gamma termasuk jenis sinar yang biasa diberikan dalam

proses radiasi. Pada penelitian ini, dilakukan radiasi sinar gamma dengan dosis yang berbeda untuk melihat bagaimana pertumbuhan masing-masing dosis jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu yang tidak diberikan sinar. Pada hasil parameter pengamatan presentase tanaman dan jumlah daun menunjukkan hasil berbeda nyata pada faktor perlakuan varietas dan pemberian dosis. Sedangkan hasil berbeda nyata yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan dosis saja terdapat pada parameter tinggi tanaman, berat basah, berat kering, dan jumlah siung. Tidak terdapat hasil berbeda nyata dari semua perlakuan interaksi, ini berarti perlakuan kontrol masih lebih baik hasilnya dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan radiasi.

Pada parameter pengamatan presentase tanaman yang hidup, pada variabel kontrol menunjukkan nilai yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan sedangkan pemberian dosis 6 dan 9 Gy menunjukkan hanya sedikit tanaman yang mampu bertahan hidup dan bahkan mati. Untuk waktu inisiasi tanaman, umur paling cepat yaitu 3 hst dan yang paling lama pada umur 29 hst. Berdasarkan faktor dosis, pada kedua varietas paling banyak adalah dosis 0 atau kontrol dan dosis 3 Gy dengan nilai yang cenderung fluktuatif setiap hari. Dosis 6 dan 9 Gy cenderung menghasilkan tanaman yang lambat dalam pemunculan tunas. Penurunan persentase pertumbuhan tanaman akibat radiasi sinar gamma disebabkan oleh adanya efek deterministik yaitu efek kematian sel yang disebabkan oleh paparan radiasi. Efek determinasi ini muncul karena dosis paparan radiasi yang diberikan di atas dosis ambang yang seharusnya diterima. Semakin tinggi dosis radiasi maka semakin tinggi efek deterministiknya (Mubarok, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa sifat mutasi yang acak dan spekulatif memang benar adanya. Seperti yang dikemukakan oleh Melina (2008) bahwa sifat mutasi yang acak dan tidak dapat diarahkan untuk bekerja pada gen yang spesifik juga merupakan batasan dalam penggunaan mutasi. Hal ini menyebabkan hasil yang akan didapat dari proses mutasi tidak dapat diramalkan.

Pada parameter tinggi tanaman, pemberian radiasi sebesar 6 dan 9 Gy tidak menunjukkan penambahan tinggi tapi cenderung menekan sehingga tanaman menjadi kerdil. Namun pada pemberian dosis 3 Gy tanaman masih terlihat bertambah tinggi. Sedangkan perlakuan kontrol menunjukkan hasil yang lebih baik

dibandingkan dengan yang diberi perlakuan, dalam hal ini dosis 3 Gy masih dapat dikatakan sebagai dosis wajar pada pemberian radiasi. Pemberian dosis terlalu tinggi dapat menghambat pembelahan sel sehingga menyebabkan kematian sel dan 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). Hal ini serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sutarto et al., 2004, bahwa perlakuan sinar gamma mengakibatkan menurunnya persentase tumbuh dan tinggi tanaman seiring dengan meningkatnya dosis radiasi. Penurunan tinggi tanaman yang diakibatkan oleh iradiasi sinar gamma terjadi akibat rusaknya kromosom tanaman, sehingga mengakibatkan terganggunya pertumbuhan tanaman. Penurunan tinggi tanaman atau tanaman menjadi kerdil karena pengaruh radiasi sinar gamma diakibatkan karena adanya gangguan fisiologis atau kerusakan kromosom yang diakibatkan oleh mutagen yang diberikan. Sinar gamma termasuk ke dalam radiasi pegan dan berinteraksi pada atom-atom atau molekul- molekul untuk memproduksi radikal bebas 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 iradiasinya. Hal ini menunjukkan bahwa pemuliaan mutasi dapat menciptakan keragaman genetik pada karakter kuantitatif (Siddiqui *et al.*, 2009). Tinggi tanaman pada umur 35 hingga 77 hst menunjukkan perbedaan nyata. Pemberian dosis 3 sampai 6 Gy memberikan pengaruh positif pada tinggi tanaman namun pada dosis 9 Gy tinggi tanaman tidak bertambah tapi malah menurun. Menurut Aisyah (2013), tinggi tanaman yang semakin menurun akibat perlakuan merupakan indikator yang paling umum untuk melihat efek dari mutagen. Perlakuan radiasi sinar gamma mengakibatkan menurunnya persentase tumbuh dan tinggi tanaman seiring dengan meningkatnya dosis radiasi (Sutarto, 2004). Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sutarto (2004), bahwa tanaman tertinggi diperlihatkan pada tanaman kontrol dan berbeda nyata dibandingkan tanaman dengan perlakuan radiasi. Semakin tinggi dosis radiasi, tanaman tampak semakin rendah. Hal ini terjadi pada bawang putih yang disinari

dosis 9 Gy, tiap minggunya selalu mendapat notasi a dibandingkan dengan dosis dibawahnya. Dilihat dari rerata tiap minggu, pada kolom 9 Gy sempat juga mengalami fluktuasi kenaikan tinggi tanaman yang tidak terlalu besar selisihnya. Dari hasil penelitian, Aryani (1990) dan Sukartini (1992) mengemukakan bahwa menurunnya tinggi tanaman dengan meningkatnya dosis iradiasi pada subang gladiol disebabkan karena terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan sel-sel maristem pucuk akibat energi radiasi yang tinggi.

Selain penurunan tinggi tanaman, pada hasil dosis 9 Gy juga terdapat anomali pada bentuk daun dan warnanya yang jauh lebih muda dibanding tanaman lainnya. Seperti yang dinyatakan oleh Pongchawee *et al.*, (2007) bahwa pemberian mutagen sinar gamma dapat menyebabkan perubahan pada daun dan ukuran tanaman seperti daun variegata dan tanaman kerdil. Selain itu keragaman morfologi dapat terjadi sebagai akibat pemberian dosis radiasi sinar gamma (Lee *et al.* 2002). Grosch dan Hopwood (1979) mengemukakan bahwa tanaman yang diiradiasi kebanyakan memunculkan keanehan pada daun (*leaf anomalies*) yang meliputi pengkerdilan, penebalan, perubahan bentuk dan struktur, pengkerutan, pengeritingan tepi daun, penyatuan daun dan terjadi mosaik daun (perubahan warna daun). Malformasi warna daun yang terjadi disebabkan oleh penginduksian sinar gamma yang mengganggu siklus perkembangan sel sehingga perkembangan sel pada tanaman menjadi tidak seimbang dan menyebabkan kelainan-kelainan pada bentuk daun.

Nilai lumbu kuning menunjukkan rerata yang lebih besar daripada nilai lumbu hijau. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soedomo (1986) bahwa radiasi sinar gamma dengan dosis 2,5 Gy, 5 Gy dan 7,5 Gy pada umbi bawang merah yang ditanam di Cipanas menimbulkan kerusakan fisiologis yang meliputi penghambatan pertumbuhan. Semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan akan semakin menimbulkan kerusakan fisiologis yang meliputi penghambatan pertumbuhan. Pada parameter umur panen terlihat ada perbedaan antar kedua varietas, lumbu hijau lebih dahulu dapat dipanen yaitu pada umur 98 hst sedangkan lumbu kuning baru dapat dipanen pada umur 101 hst. Panen dilakukan sebanyak 6 periode dimulai dari 98 hst dan terakhir panen yaitu 125 hst. Pada varietas lumbu hijau jumlah tanaman yang paling banyak terdapat pada umur 125 hst sedangkan

pada lumbu kuning pling banyak hasil panen terdapat pada umur 103 hst. Hasil terbanyak pada kedua varietas terdapat pada dosis kontrol dan 3 Gy, sedangkan pada 6 dan 9 Gy cenderung sedikit hasil panennya. Nilai berat basah dan berat kering yang dipengaruhi oleh faktor dosis menghasilkan nilai yang paling besar pada kontrol dan 3 Gy sedangkan pada 6 dan 9 Gy adalah hasil yang lebih sedikit. Pada berat basah, varietas lumbu kuning menghasilkan nilai yang lebih besar dibanding varietas lumbu hijau dan pada berat kering adalah sebaliknya, nilai pada varietas lumbu hijau lebih besar dibanding varietas lumbu kuning.

Hal seperti ini juga terjadi pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Batubara (2015), bobot segar dan bobot kering umbi di dosis 1-4 Gy tidak berbeda nyata dengan umbi tanaman kontrol, tetapi pada dosis 5 Gy dan 6 Gy berbeda sangat nyata dengan umbi tanaman kontrol. Umbi yang tidak diberi perlakuan iradiasi sinar gamma umumnya memiliki bobot umbi yang lebih besar jika dibandingkan dengan umbi tanaman yang diberi iradiasi sinar gamma. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sunarjono, et al. (1984) yang berjudul pengaruh iradiasi gamma terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah bahwa dalam peubah amatan bobot segar umbi dan bobot kering umbi, pertumbuhan dan hasil umbi tanaman kontrol lebih baik jika dibandingkan dengan tanaman yang diiradiasi pada generasi pertama. Ini merupakan salah satu efek dari mutasi yaitu terjadinya kerusakan fisiologis yang menyebabkan pertumbuhan tanaman tertekan. Seperti yang dikemukakan oleh Human (2007) yaitu mutasi dapat menyebabkan kematian (*lethality*), sterilitas (*sterility*) atau kerusakan fisiologis lainnya (*physiological disorders*).

Parameter pengamatan selanjutnya adalah jumlah siung dan nilai diameter bawang putih. Untuk parameter jumlah siung yang dipengaruhi oleh faktor dosis, perlakuan kontrol adalah perlakuan yang menghasilkan nilai rerata tertinggi kemudian 6 Gy, 3 Gy dan paling sedikit nilai reratanya adalah 9Gy. Pada faktor dosis pada parameter nilai diameter perlakuan kontrol juga perlakuan yang menghasilkan nilai rerata paling tinggi, lalu 3 Gy, 6 Gy dan nilai 9 Gy adalah nilai yang paling sedikit nilai reratanya. Dari berbagai hasil statistik yang disajikan, nilai rata-rata paling tinggi terdapat pada perlakuan kontrol jika dilihat dari beberapa parameter pengamatan. Walaupun hasil uji lanjutan menunjukkan tidak berbeda nyata namun nilai rerata kontrol selalu lebih tinggi dibanding dengan perlakuan

dosis. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua hasil radiasi pada tanaman dapat memberikan hasil yang positif, tapi juga dapat memberikan hasil yang negatif.

Pada beberapa parameter seperti tinggi tanaman, waktu inisiasi tanaman, umur panen, nilai berat basah, berat kering, dan nilai diameter menunjukkan bahwa hasil rerata yang tinggi dihasilkan oleh perlakuan kontrol dan 3 Gy, sementara pada 6 dan 9 Gy menunjukkan rerata yang lebih sedikit. Seperti pernyataan Mubarak (2011) dalam hasil penelitiannya, bahwa penggunaan iradiasi sinar gamma dengan dosis yang terlalu tinggi dapat memberikan efek negatif langsung pada tanaman, karena semakin banyak mutasi yang diberikan maka tanaman akan mati. Penelitian yang sama dilakukan oleh Abdullah *et al.*, (2009) yang memperlihatkan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma maka ketahanan hidup atau pertumbuhan dari tanaman curcuma semakin rendah, bahkan pada dosis lebih dari 50 Gy menyebabkan semua tanaman curcuma mati.

Pemberian mutasi yang terlalu tinggi akan menghambat pembelahan sel yang menyebabkan kematian sel yang berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman dan morfologi tanaman. Akan tetapi dosis radiasi yang terlalu rendah tidak cukup untuk memutasi tanaman karena frekuensi mutasi yang terlalu rendah menghasilkan hanya sedikit sektor yang termutasi (Nazir *et al.*, 1998). Pemberian radiasi pada bawang putih dalam penelitian ini menunjukkan juga bahwa radiasi gamma dapat menghambat pertumbuhan bawang dan mempengaruhi terhadap parameter pengamatan lainnya. Pada penelitian lain yang sudah dilakukan salah satunya penelitian oleh Hammed *et al.*, (2008) menyatakan bahwa pemberian iradiasi sinar gamma terhadap biji buncis menyebabkan waktu benih untuk berkecambah lebih lama dibandingkan dengan biji yang tidak diradiasi.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan maka didapat kesimpulan yaitu:

1. Tidak terdapat interaksi antara perlakuan dosis dan varietas pada semua parameter pengamatan.
2. Varietas memberikan hasil berbeda nyata pada parameter pengamatan persentase tumbuh tanaman dan jumlah daun.
3. Pemberian dosis memberikan hasil berbeda nyata pada parameter pengamatan tinggi tanaman, berat basah, berat kering dan jumlah siung.
4. Pemberian dosis 9 Gy pada kedua varietas menunjukkan kondisi yang buruk dan berpengaruh nyata dalam menghambat laju pertumbuhan bawang putih.

### 5.2 Saran

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui ketahanan tanaman dan umur tanaman, pada beberapa perlakuan yang diberi dosis radiasi 3 Gy dan 6 Gy. Selain itu penanaman selanjutnya penting dilakukan kembali untuk melihat kestabilan pertumbuhan bawang putih, karna penelitian ini masih pada MV1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Thohirah Lee, Johari Endan and B. Mohd Nazir. 2009. Changes in Flower Development, Chlorophyll Mutation and Alteration in Plant Morphology of *Curcuma alismatifolia* by Gamma Irradiation. *American J. of Applied Sci.* 6(7): 1436-1439
- Adiyoga, W. dan T. A. Soetiarso dan Suwandi. 2004. Keunggulan Komparatif dan Insentif Ekonomi Usaha Tani Bawang Putih. *Jurnal Hortikultura* (7): 614-621.
- Agriculture, 2016. Agriculture-bawangputih. <http://aplikasipertanian.blogspot.co.id/p/blog-page62.html>. Diakses tanggal 01 Maret 2017
- Aisyah SI. 2006. Induksi mutagen fisik pada anyelir (*Dianthus carophyllus* Linn.) dan pengujian stabilitas mutannya yang diperbanyak secara vegetatif [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Anonim, 2012. Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2012-2014. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretaris Jendral Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Anonim, 2016<sup>a</sup>. Data Hortikultura. Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura. [http://www.pertanian.go.id/ap\\_pages/mod/datahorti](http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datahorti). Diakses tanggal 10 Januari 2016
- Anonim, 2016<sup>b</sup>. Produksi Tanaman Sayuran Bawang Putih (ton) Tahun 2002-2014. Badan Pusat Statistik. <http://bps.go.id/site/pilihdata>. Diakses tanggal 31 Desember 2015
- Anshori SR, Aisyah SI, Darusman L. 2014. Induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gamma pada kunyit (*Curcuma domestica* Val). *J Hort Indonesia*.5(3):84-94.
- Aryani, F. 1990. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma terhadap Hasil dan Keragaman Bunga Gladiol (*Gladiolus hybridus*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 25 hal.
- Backer, C.A, Bakhuizen van den Brink, 1963, Flora of Java (Spermatophytes Only), Vol. I, Wolter-Noordhoff, NVP., Groningen.
- Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2008. Dasar-dasar Fisika Radiasi Jakarta (ID): Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Batubara, A.U., Mariati, F. E. T. Sitepu. 2015. Karakter Pertumbuhan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Lokal Samosir pada Beberapa Dosis Iradiasi Sinar Gamma. *J. Agroekoteknologi* 3 (1):426-434
- BPS. 2009. Statistik Produksi Tanaman Hias. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Briggs, R. W. and M. J. Constantin. 1977. Radiation types and radiation sources. Technical Reports Series - Manual On Mutation Breeding (No.119):7-21.
- Broertjes, C. and A. M. Van Harten. 1988. Applied Mutation Breeding for Vegetatively Propagated Crops. Elsevier. Amsterdam.345p.
- Crowder, L.V. 1986b. Genetika Tumbuhan: Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Darussalam, M. 1996. Radiasi dan Radioisotop Prinsip Kegunaannya Dalam Biologi, Kedokteran, dan Pertanian. Tarsito. Bandung.
- Grosch, D.S. and L. E. Hopwood. 1979. Biological Effects of Radiation. 2nd Ed. Academic Press. New York. 338p

- Hameed A., T.M. Shah, B.M. Atta, M.A. Haq and H. Sayed. 2008. Gamma irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity, lipid peroxidation in Desi and Kabuli Chickpea Pak. J. Bot. 40(3): 1033-1041
- Hardiyanto, Devy, NF., dan Supriyanto, A. 2007. Eksplorasi, Karakterisasi, dan Evaluasi Beberapa Klon Bawang Putih Lokal. Jurnal Hortikultura 17 (4): 307-313.
- Hidayati, R. S. 2009. Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo. Skripsi. Fakultas Sinstek dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang: Malang.
- Hilman, Yusdar., Hidayat Achmad., Suwandi, 1997. Budidaya Bawang Putih di Dataran Tinggi. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Human, S. 2007. Riset & Pengembangan Sorgum dan Gandum Untuk Ketahanan Pangan. Makalah. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta Selatan.
- Ismachin, M. 1988. Pemuliaan Tanaman dengan Mutasi Buatan. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN. Jakarta. Tidak Dipublikasikan.
- Jumini, 2008. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Bawang Putih Impor. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kementerian Pertanian. 1984. Deskripsi Bawang Putih Varietas Lumbu Hijau. <http://varitas.net/dbvarietas/deskripsi/2027.pdf> (Diakses tanggal 15 Februari 2017)
- Lee Y.I, I.S. Lee and Y.P. Lim. 2002. Variation in sweetpotato regenerates from gamma ray irradiated embryogenic callus. J. Plant Biotech 4: 163-170.
- Lehninger, A.L. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*, Alih Bahasa DR. IR. Maggy Thenawidjaya, IPB: Erlangga. Jakarta.
- Melina, R. 2008. Pengaruh Mutasi Induksi dengan Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Keragaan Dua Spesies Philodendron (Philodendron bipinnatifidum cv. Crocodile teeth dan P. Xanadu). Skripsi. Program Studi Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hal.
- Misniar, Rachmawati Putrisa. 2008. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Keragaman Tanaman *Aglaonema* sp. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Mubarok, S., Suminar, E dan Murgayanti. 2011. Uji efektifitas sinar gamma terhadap karakter pertumbuhan sedap malam. J Agrivigor. 26(4):153-159.
- Mugiono, 2001. Pemuliaan Tanaman Dengan Teknik Mutasi. Puslitbang Teknologi Isotop dan Iradiasi, Jakarta.
- Nasir, 2002. Bioteknologi Molekuler Teknik Rekayasa Genetik Tanaman: Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Nazir, M.B., O. Mohamad, A.A. Affida and A. Sakinah, 1998. Research Highlights on the use of induced mutations for plant improvement in Malaysia. Malaysian Institute for Nuclear Technology Research (MINT), Bangi.
- Nurhayati, Wiji. 2013. Pedagang Mengaku Lebih Mudah Dapat Bawang Putih Impor daripada Lokal (Online dari Detik Finance). <http://finance.detik.com/read/2013/10/21/144411/2391132/4/pedagang->

- ngaku-lebih-mudah-dapat-bawang-putih-impor-daripada-lokal.Diakses Tanggal 20 Desember 2015.
- Permadi, A.H., Alliudin dan M. Soleh. 1991. Pengaruh Asal Bibit Terhadap Daya Hasil Beberapa Varietas Bawang Putih di Dataran Rendah dan Dataran Medium. Laporan Penelitian. Balithorti Lembang. Bandung
- Perwati, L. K. 2009. Analisis Derajat Ploidi dan Pengaruhnya Terhadap Variasi Ukuran Stomata dan Spora pada *Adiantum raddianum*. *BIOMA* 11 (2): 39-44.
- Pongchawee K., R. Pradisa and W. Pisatcharoenchai. 2007. Induced mutation in *Anubias* spp. Through in vitro irradiation. *Thai Fishers Gazette* 60: 493-497.
- Pramono, A., Kustono., P. P. Putro., D.T.Widayati., dan H. Hartadi. 2015. *Stability of Sardine Fish Oil and Hydrolyzed Blood Protected to Increase Productivity of Dairy Cows*. Prociding International Seminar "Advanced Technology on Veterinary and Veterinary and Life Sciences" March 12, 2011. Yogyakarta. Indonesia. ISBN: 979-979-96104-4-7.
- Pratimi, A. 1995. Perbedaan Potensi Bakteriostatik antara Bawang Putih Umbi Tunggal dengan Bawang Putih Umbi Banyak Terhadap Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Diponegoro, Semarang.
- Qosim, Ali. W, 2006. Studi Iradiasi Sinar Gamma pada Kultur Kalus Nodular Manggis untuk Meningkatkan Keragaman Genetik dan Morfologi Regeneran. Disertasi. Program Studi Agronomi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Royani, J. J. A., Purwito, W., Sumaryono.2012. Pengaruh irradiasi sinar gamma cobalt 60 terhadap karakter morfologi tanaman obat sambiloto (*Andrographis paniculata*(Burm.f.) Wallich Ex Ness). Prosiding Seminar Nasional POKJANAS TOIXLII. hal.63-76.
- S, Oktavina, Zihan, 2011. Pengaruh Sinar Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Anggrek Hibrid *Dendrobium schulerii* x May Neal Wrap Secara *In Vitro*. Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Santoso, 2000. Budidaya Bawang Putih. Penerbit Kanisius. Yogyakarta: 64 hal.
- Saraswati, Yosephine, Susi. 2002. Pertumbuhan dan Produksi Mutan Bawang Putih (*Allium sativum* L. var Lumbu Hijau) Generasi Ketiga Hasil Radiasi Sinar Gamma Co-60. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Siddiqui M.A, I.A. Khan, and A. Khatri. 2009. Induced quantitative variability by gamma rays and ethylmethane sulphonate alone and in combination in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pak. J. Bot.* 41: 1189-1995
- Simon, H. 2003, Sistem Perencanaan Hutan Indonesia, Seminar Nasional Restrukturisasi Sistem Pengelolaan Hutan Nasional. Jakarta
- Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian* 22 (2) : 70-78.
- Perwati, L.K. 2009. Analisis Derajat Ploidi dan Pengaruhnya Terhadap Variasi Ukuran Stomata dan Spora pada *Adiantum raddianum*. *BIOMA* 11 (2):39- 44.
- Soedomo, R., P. 1986. Studi Pendahuluan Tentang Pengaruh Radiasi Gamma Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Bawang Merah Simp[osium Aplikasi Isotop dan Radiasi. Jakarta 16-17 Desember 1986.

- Sofia, Diana. 2007. Respon Pertumbuhan dan Produksi Mentimun (*Cucumis sativus* L) dengan Mutagen Kolkhisin. Karya Tulis. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/pdf>.
- Sukartini, T. 1992. Pengaruh Radiasi Corm dengan Sinar Gamma terhadap Keragaman Pertumbuhan dan Bunga Gladiol (*Gladiolus hybridus* cv. Queen Occer). Skripsi. Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor
- Sultan *et al.*, 2009. Budidaya Bawang Putih, Bawang Merah dan Bawang Bombay. Edisi Penerbit Swadaya. Jakarta
- Sunarjono, H., Yett dan Ety. 1984. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Pertumbuhan Bawang Merah. Balai Penelitian Hortikultura Lembang. Lembang.
- Suriana, N. 2011. Bawang Bawa Untung Budi Daya Bawang Merah dan Bawang Putih. Yogyakarta: Cahaya Alam Pustaka.
- Sutarto, Ismiyati., Nurrohma., Dewi, Kumala., dan Arwin, 2004. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{CO}$  Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Putih (*Allium sativa* L) Varietas Lumbu Hijau di Dataran Rendah. Risalah Seminar Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi. BATAN. Jakarta.
- Syamsiah, S dan Tajudin. 2003. Khasiat dan manfaat bawang putih: Raja antibiotik alami. Jakarta; Agromedia.
- Thomson, H. 2007. PDR for Herbal Medicine (garlic), 4th ed. Montvale: Thomson Health Care Inc., pp. 345-346.
- Winiarczyk, Scisel JJ, Kurek E, , Baturo A, Lukanowski A. 2008. Colonization of root tissues and protection against *Fusarium* wilt. *Biol Contrl.* 45:297-307. doi: 10.1016/j.biokontrol.2008.03.007.
- Wiryosimin, S. 1995. Mengenal Asas Proteksi Radiasi. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 237 hal.
- Yusdar, H., Achmad, H., dan Suwandi. 1997. Budidaya Bawang Putih di Dataran Tinggi. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Pusat Penelitian dan Pengembangan Holtikultura Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bandung. Monograf No. 7. pp. 8-13.
- Zhang, X.H., D. Lowe, P. Giles, S. Fell, M. J. Connock, and D. J. Maslin. 2001. Gender may affect the action of garlic oil on plasma cholesterol and glucose levels of normal subjects. *Journal of Nutrition* 131: 1471–1478.