

**PENGARUH UKURAN UMBI BIBIT DAN PACLOBUTRAZOL
PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL SERTA MUTU SIMPAN
UMBI KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)**

(Tesis)

Oleh

Husna Fii Karisma Jannah

1924011013



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF SEED TUBER SIZE AND PACLOBUTRAZOL ON GROWTH, YIELD AND STORAGE QUALITY OF POTATO TUBERS (*Solanum tuberosum* L.)

By

HUSNA FII KARISMA JANNAH

The key to effective potato production is the use of optimally sized seed tubers and disease-free varieties. Potato farmers often use improvised seeds from previous plantings without considering the quality of the seeds, resulting in suboptimal yield. The use of ZPT Paclobutrazol in the highlands is designed to increase the efficiency of potato seed tubers in order to produce small, high-quality seeds. Optimization of seed tuber size and paclobutrazol is needed to increase the production of seed potato tubers and commercial potato tubers. This study aims to determine the response of growth and yield, as well as the storage quality of potato plants grown in the highlands to differences in tuber size and Paclobutrazol concentration. The experiment was carried out at the Central Horticulture Seed Center (BBIH), Sekincau, West Lampung, and the University of Lampung. The study consisted of two experiments. Experiment 1 used a strip plot experimental design with three replications. The main plot was the size of the seed tubers, consisting of medium tubers (10.11 g) and large tubers (16.03 g). The subplots were Paclobutrazol concentrations, consisting of 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, and 150 ppm. The results of research on the growth and production of potato tubers showed that the application of paclobutrazol had a significant effect on the greenness of the leaves, which had a positive correlation with the rate of photosynthesis, decreased plant height, increased stomata density, leaf dry weight, and leaf specific weight, but had no significant effect on stem diameter. The seed tuber factor resulted in differences in the number of tubers and tuber class. Experiment 2 was carried out using a single-factor experimental design consisting of eight factors. In the analysis of the quality of potato tubers during the storage period, dormancy in stored tubers was broken after 3 weeks after storage (MSP). Paclobutrazol concentration and seed tuber size significantly affected the shoot length of potato tubers during the storage period, but the interaction between the two factors did not make a difference to the shoot length during the storage period. The appearance of starch granules was denser and larger based on SEM results on potato tubers due to residue from the application of Paclobutrazol at 28 MSP.

Keywords: *Potato, Paclobutrazol, seed tubers, starch granule*

ABSTRAK

PENGARUH UKURAN UMBI BIBIT DAN PACLOBUTRAZOL PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL SERTA MUTU SIMPAN UMBI KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)

Oleh

HUSNA FII KARISMA JANNAH

Produksi kentang menggunakan umbi bibit berukuran optimal dan varietas yang bebas penyakit merupakan prasyarat utama untuk keberhasilan produksi kentang. Para petani kentang sering menggunakan benih seadanya dari hasil pertanaman sebelumnya, tanpa mempertimbangkan mutu benih sehingga produksi yang dihasilkan tidak optimal. Pemanfaatan ZPT Paclobutrazol pada dataran tinggi ditujukan untuk mengefisiensikan produksi umbi bibit kentang, guna menghasilkan bibit-bibit berukuran kecil yang memiliki mutu baik. Optimalisasi ukuran umbi bibit dan Paclobutrazol diperlukan untuk meningkatkan produksi umbi bibit kentang dan umbi kentang komersil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil, serta mutu simpan tanaman kentang yang ditanam di dataran tinggi terhadap perbedaan ukuran umbi dan Paclobutrazol. Percobaan dilaksanakan di Balai Benih Induk Hortikultura (BBIH), Sekincau, Lampung Barat, dan Universitas Lampung. Penelitian terdiri atas dua percobaan. Percobaan 1 menggunakan rancangan percobaan strip plot dengan tiga ulangan. Petak utama adalah ukuran umbi bibit, terdiri dari umbi sedang (10,11 g) dan umbi besar (16,03 g). Anak petak adalah konsentrasi Paclobutrazol, terdiri atas 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Hasil penelitian pada pertumbuhan dan produksi umbi kentang menunjukkan bahwa Aplikasi Paclobutrazol memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kehijauan pada daun yang berkolerasi positif dengan laju fotosintesis, penurunan tinggi tanaman, peningkatan kerapatan stomata, bobot kering daun, bobot daun khas, namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang. Faktor umbi bibit menghasilkan perbedaan pada jumlah umbi dan kelas umbi. Percobaan 2 dilakukan pengujian umbi-umbi hasil tanaman kentang asal Percobaan 1. Percobaan 2 dilakukan menggunakan rancangan percobaan faktor tunggal, terdiri atas 8 faktor. Pada analisis mutu umbi kentang selama masa penyimpanan, pecahnya dormansi pada umbi yang disimpan terjadi sejak 3 minggu setelah penyimpanan (MSP). Konsentrasi Paclobutrazol dan besar umbi bibit berpengaruh nyata terhadap panjang tunas dari umbi kentang selama masa penyimpanan, namun interaksi antar kedua faktor tersebut tidak memberikan perbedaan terhadap panjang tunas selama masa penyimpanan. Penampilan granula pati lebih padat dan lebih besar berdasarkan hasil SEM pada umbi kentang akibat residu dari aplikasi Paclobutrazol pada 28 MSP.

Kata kunci: Kentang, Paclobutrazol, umbi bibit, granula pati

**PENGARUH UKURAN UMBI BIBIT DAN PACLOBUTRAZOL
PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL SERTA MUTU SIMPAN
UMBI KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)**

Oleh

Husna Fii Karisma Jannah

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas
Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**Judul Tesis : PENGARUH UKURAN UMBI BIBIT DAN
PACLOBUTRAZOL PADA PERTUMBUHAN
DAN HASIL SERTA MUTU SIMPAN UMBI
KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)**

Nama Mahasiswa : Husna Fii Karisma Jannah

Nomor Pokok Mahasiswa : 1924011013

Jurusan : Magister Agronomi

Fakultas : Pertanian



Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.
NIP 196108201986031002

Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.
NIP 197208042005011002

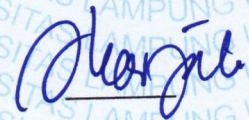
2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

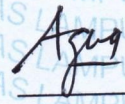
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.



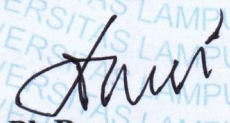
Anggota Pembimbing : Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.



Penguji I : Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.



Penguji II : Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D.

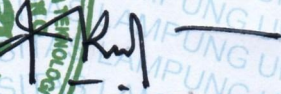


2. Dekan Fakultas Pertanian

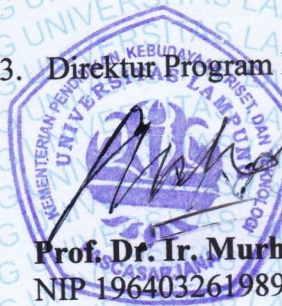


Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 196110201986031002



3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 196403261989021001



Tanggal Lulus Ujian Tesis : 16 Juni 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Husna Fii Karisma Jannah
NPM : 1924011013
Fakultas : Pertanian
Program Studi : Magister Agronomi

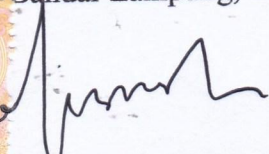
Menyatakan bahwa tesis Saya yang berjudul **“Pengaruh Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol pada Pertumbuhan dan Hasil serta Mutu Simpan Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L.)”** adalah benar hasil karya ilmiah penulisan saya, bukan hasil menjiplak atau karya orang lain.

Adapun bagian tertentu dalam penulisan ini saya kutip dari karya orang lain yang dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma dan etika penulisan ilmiah. Apabila di kemudian hari ternyata ada hal yang melanggar dari ketentuan akademik Universitas Lampung, maka saya bersedia bertanggung jawab dan diberi sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Bandar Lampung, 16 Juni 2023


Husna Fii Karisma Jannah
NPM 1924011013

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 22 Januari 1992 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Ir. Kusnardi, M.Agr.Ec dan Ibu Ir. Achyati Suhartati. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah Dasar Negeri Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2003, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2006, dan Sekolah Menengah Atas Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2009. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Prestasi, Minat dan Kemampuan Akademik (PMKA) dan pada tahun 2009 dan diselesaikan pada tahun 2013. Pada tahun 2019 Penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan segala kerendahan hati, kupersembahkan karya tulis yang penuh perjuangan ini sebagai ungkapan rasa sayang kepada:

Diriku. Terimakasih untuk tetap bertahan dan menyelesaikan apa yang telah kumulai. Kusadari bahwa sebaik-baiknya tesis, adalah tesis yang selesai.

Mama, Bapak, dan Memeh tersayang yang yang selalu memberi doa, motivasi dan mengorbankan segalanya untukku, serta tak pernah putus atas keyakinan akan keberhasilanku.

Suamiku tercinta M. Arangga Tuhaba, dan anak-anakku tersayang Musa Fathan Tuhaba, Isa Farhan Tuhaba, Noah Fadlan Tuhaba, dan Balqis Fadilah Tuhaba. Kalian sungguhlah pelipur lara, penyejuk hati, dan harapan terbaikku.

Dosen Pembimbing dan Penguji,
Keluarga Besar Program Studi Magister Agronomi 2019,
Almamater tercinta, Universitas Lampung.

"Tidak ada daya dan kekuatan, kecuali dengan izin Allah."

"Maka sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan." (94: 5)

"Look deep into nature, and then you will understand everything better."
- Albert Einstein

SANWACANA

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat, hidayah serta karunia-Nya tesis dengan judul “Pengaruh Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol pada Pertumbuhan dan Hasil serta Mutu Simpan Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L.)” dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih disampaikan yang sebesar-besarnya dengan segala kerendahan dan ketulusan hati kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi dan Pembimbing Akademik pertama atas waktu, motivasi, pengarahan, bimbingan dan masukannya selama ini serta kesabaran yang diberikan selama penulis belajar di Pascasarjana Magister Pertanian Universitas Lampung.
4. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama atas ide penelitian, bimbingan, motivasi, saran, waktu, dan kesabaran yang telah diluahkan selama penulis menjalani proses bimbingan.
5. Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas saran, bimbingan, motivasi, serta waktu yang telah diluahkan selama penulis menjalani proses bimbingan.
6. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku Dosen Penguji Pertama yang telah bersedia memberikan kritik, saran, nasihat, arahan dan bantuan selama penyelesaian tesis.
7. Dr. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., selaku Dosen Penguji Kedua yang telah bersedia memberikan kritik, saran, nasihat, arahan dan bantuan selama penulisan tesis.

8. Bapak/Ibu dosen Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan selama Penulis menempuh pendidikan pascasarjana di program Magister Agronomi Universitas Lampung.
9. Pimpinan dan segenap karyawan Balai Benih Induk Hortikultura (BBIH), Sekincau, Lampung Barat yang telah memfasilitasi lapangan dan tenaga kerja selama penelitian bagi penulis sehingga tesis ini dapat selesai.
10. Laboratorium Bioteknologi dan Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, dan Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) yang telah memberikan bantuan fasilitas selama penelitian ini berlangsung.
11. Segenap rekan Program Studi Magister Agronomi angkatan 2019: Chatya, Olivia, Mbak Dian, Mbak Annisa, Rizki, Amirah, Novika, Restu, Rini, Lily, Alkadrin, dan Desty yang telah kebersamai penulis selama menempuh pendidikan pascasarjana di program Magister Agronomi Universitas Lampung.
12. Para pengasuh anak-anak di rumah. Terimakasih telah menjadi *support system* penulis di rumah, kebersamai anak-anak selama penulis fokus menyelesaikan tesis ini.
13. Almamater tercinta dan semua pihak yang telah membantu penulis demi terselesaikannya tesis ini.

Semoga Allah SWT membalas segala bantuan yang telah diberikan kepada Penulis. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak terlepas dari kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, 16 Juni 2023

Penulis,

Husna Fii Karisma Jannah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	6
1.3 Kerangka Pemikiran	6
1.4 Hipotesis	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pertumbuhan Tanaman Kentang	12
2.2 Peranan Ukuran Umbi Kentang pada Pertumbuhan dan Produksi	10
2.3 Peran ZPT dan Pembentukan Umbi Kentang	15
2.4 Aplikasi Paclobutrazol pada Tanaman	18
2.5 Dinamika Umbi Kentang selama Masa Penyimpanan	22
2.6 <i>Scanning Electron Microscope</i>	27
III. BAHAN DAN METODE	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2 Metode Penelitian	29
3.3 Percobaan I: Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Konsentrasi Paclobutrazol	30

3.3.1 Analisis Data	30
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian	30
3.3.3 Variabel Pengamatan	32
3.3.3.1 <u>Pengujian Kualitatif</u>	32
3.3.3.2 <u>Pengujian Kuantitatif</u>	32
3.4 Percobaan II: Pengujian Fisiologi dan Kepadatan Granula Pati Umbi Kentang selama Masa Penyimpanan sebagai Akibat Besar Umbi Bibit dan Pemberian Paclobutrazol Prapanen	34
3.4.1 Analisis Data	34
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian	35
3.4.3 Variabel Pengamatan	35
3.4.3.1 <u>Analisis Fisiologi Umbi selama Masa Penyimpanan</u>	35
3.4.3.2 <u>Analisis Kepadatan Granula Pati Setelah Masa Penyimpanan</u>	36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	37
4.1.1 Percobaan I: Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Konsentrasi Paclobutrazol	37
4.1.1.1 <u>Pengujian Kualitatif</u>	37
4.1.1.2 <u>Pengujian Kuantitatif</u>	38
4.1.2 Percobaan II: Pengujian Fisiologi dan Kepadatan Granula Pati Umbi Kentang selama Masa Penyimpanan sebagai Akibat Besar Umbi Bibit dan Pemberian Paclobutrazol Prapanen	44
4.1.2.1 <u>Analisis Fisiologi Umbi selama Masa Penyimpanan</u>	44
4.1.2.2 <u>Analisis Kepadatan Granula Pati Setelah Masa Penyimpanan</u>	47
4.2 Pembahasan	50

<i>4.2.1 Analisis Laju Fotosintesis Tanaman Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol</i>	50
<i>4.2.2 Analisis Pertumbuhan dan Produksi Umbi Tanaman Kentang terhadap Penggunaan Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol</i>	51
<i>4.2.3 Analisis Fisiologis Umbi Kentang Selama Masa Penyimpanan Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol Prapanen</i>	53
<i>4.2.4 Analisis Kepadatan Granula Pati Setelah Masa Penyimpanan Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Paclobutrazol Prapanen</i>	54

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Rekapitulasi Analisis Laju Fotosintesis Tanaman Kentang terhadap Penggunaan Ukuran Umbi Bibit dan Konsentrasi Paclobutrazol	37
2 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol Terhadap Tingkat Kehijauan Daun	38
3 Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Analisis Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang terhadap Besar Umbi Bibit dan Konsentrasi Paclobutrazol melalui Daun	39
4 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Tinggi Tanaman	39
5 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Bobot Kering Daun	40
6 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Bobot Khas Daun	40
7 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Kerapatan Stomata	41
8 Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Jumlah Umbi per Tanaman	43
9 Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Kelas Umbi	44
10 Rekapitulasi Hasil Analisis Fisiologis Umbi Selama Masa Penyimpanan terhadap Ukuran Bibit Umbi dan Konsentrasi Paclobutrazol Melalui Daun	45
11 Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paclobutrazol Pratanam terhadap Bobot Awal, Bobot Akhir, dan Susut Bobot Umbi Selama Masa Simpan	47
12 Analisis dan kriteria tanah awal di lahan penelitian BBIH Sekincau	64
13 Data Curah Hujan selama Penelitian di BBIH Sekincau	64
14 Data Kehijauan Daun (SPAD)	65
15 Analisis Ragam Kehijauan Daun (SPAD)	65
16 Pengaruh Besar Bibit Umbi Terhadap Kehijauan Daun	65
17 Data Laju Asimilasi	66

18	Analisis Ragam Laju Asimilasi	66
19	Pengaruh Besar Umbi terhadap Laju Asimilasi	66
20	Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Laju Asimilasi	67
21	Data Tinggi Tanaman	67
22	Analisis Ragam Tinggi Tanaman	67
23	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Tinggi Tanaman	68
24	Data Kerapatan Stomata	68
25	Analisis Ragam Kerapatan Stomata	68
26	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Kerapatan Stomata	69
27	Data Bobot Basah Daun	69
28	Analisis Ragam Bobot Basah Daun	69
29	Data Bobot Kering Daun	70
30	Analisis Ragam Bobot Kering Daun	70
31	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Bobot Kering Daun	70
32	Data Bobot Daun Khas	71
33	Analisis Ragam Bobot Daun Khas	71
34	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Bobot Khas Daun	71
35	Data Diameter Batang	72
36	Analisis Ragam Diameter Batang	72
37	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Diameter Batang	72
38	Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Diameter Batang	73
39	Data Jumlah Umbi per Tanaman	73
40	Analisis Ragam Jumlah Umbi per Tanaman	73
41	Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Jumlah Umbi per Tanaman	74
42	Pengaruh Besar Umbi Bibit terhadap Kelas Umbi	74
43	Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol terhadap Kelas Umbi	74
44	Data Umbi Kelas A	75
45	Analisis Ragam Umbi Kelas A	75
46	Data Umbi Kelas B	75
47	Analisis Ragam Umbi Kelas B	76
48	Data Umbi Kelas C	76
49	Analisis Ragam Umbi Kelas C	76
50	Data Umbi Kelas D	77
51	Analisis Ragam Umbi Kelas D	77
52	Data Bobot Umbi per Tanaman	77
53	Analisis Ragam Bobot Umbi per Tanaman	77

54	Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paklobutrazol terhadap Bobot Umbi per Tanaman	78
55	Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paclobutrazol terhadap Jumlah Tunas Selama Masa Penyimpanan	78
56	Data Jumlah Tunas 4 MSP	78
57	Analisis Ragam Jumlah Tunas 4 MSP	79
58	Data Jumlah Tunas 8 MSP	79
59	Analisis Ragam Jumlah Tunas 8 MSP	79
60	Data Jumlah Tunas 12 MSP	79
61	Analisis Ragam Jumlah Tunas 12 MSP	79
62	Data Jumlah Tunas 16 MSP	80
63	Analisis Ragam Jumlah Tunas 16 MSP	80
64	Data Jumlah Tunas 20 MSP	80
65	Analisis Ragam Jumlah Tunas 20 MSP	80
66	Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paclobutrazol terhadap Panjang Tunas Selama Masa Penyimpanan	81
67	Data Panjang Tunas 4 MSP	81
68	Analisis Ragam Panjang Tunas 4 MSP	81
69	Data Panjang Tunas 8 MSP	81
70	Analisis Ragam Panjang Tunas 8 MSP	82
71	Data Panjang Tunas 12 MSP	82
72	Analisis Ragam Panjang Tunas 12 MSP	82
73	Data Panjang Tunas 16 MSP	82
74	Analisis Ragam Panjang Tunas 16 MSP	82
75	Data Panjang Tunas 20 MSP	83
76	Analisis Ragam Panjang Tunas 20 MSP	83
77	Data Bobot Akhir Umbi per Tanaman	83
78	Analisis Ragam Bobot Akhir Umbi per Tanaman	83
79	Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paclobutrazol terhadap Bobot Akhir Umbi per Tanaman	84
80	Data Susut Bobot Umbi per Tanaman	84
81	Analisis Ragam Susut Bobot Umbi per Tanaman	84
82	Pengaruh Besar Umbi Bibit dan Paclobutrazol terhadap Susut Bobot Umbi	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Tahapan pertumbuhan dan perkembangan tanaman kentang	13
2 Struktur molekul Paclobutrazol	18
3 Jalur terpenoid untuk biosintesis giberelin, asam absisat, fitol, dan steroid, dan jalur degradasi asam absisat	19
4 Tata letak percobaan	31
5 Persiapan pengamatan kerapatan stomata	33
6 Perbandingan daun antarperlakuan	38
7 Penampakan kerapatan stomata di bawah mikroskop	42
8 Pengelompokan pada umbi-umbi kentang hasil penggunaan umbi bibit besar dan Paclobutrazol 100 ppm	43
9 Pecahnya dormansi pada umbi saat 3 MSP	44
10 Penampakan pati umbi kentang setelah 28 MSP dari berbagai aplikasi Paclobutrazol di bawah SEM perbesaran 1000x	48
11 Penampakan pati umbi kentang setelah 28 MSP dari berbagai aplikasi Paclobutrazol di bawah SEM perbesaran 300x	49

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
1 Jumlah Tunas Selama Masa Simpan	45
2 Panjang Tunas Sampel Umbi Kelas C Selama Masa Simpan	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu sayuran penting penghasil umbi-umbian yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Kentang mengandung nutrisi yang baik untuk tubuh terutama karbohidrat, protein, antioksidan, vitamin, dan mineral. Kentang menjadi sumber karbohidrat dan merupakan salah satu sumber diversifikasi pangan nasional.

Produksi kentang di Indonesia cenderung mengalami kenaikan setiap tahunnya. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, pada tahun 2022 produksi kentang di Indonesia mencapai 1,42 juta ton. Jumlah tersebut meningkat 4,21% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 1,36 juta ton. Produksi kentang terbanyak berasal dari Provinsi Jawa Timur yang mencapai 381.090 ton, diikuti Provinsi Jawa Barat 268.573 ton, dan Jawa Tengah 245.308 ton. Produksi kentang di Provinsi Lampung pada tahun 2022 tergolong rendah dan hanya mencapai 6.068 ton (BPS, 2023).

Bedasarkan volumenya, kentang merupakan bahan pangan keempat di dunia setelah padi, jagung, dan gandum. Food and Agricultural Organization (FAO) melaporkan bahwa total produksi kentang di seluruh dunia adalah 376 juta ton, dengan China (94 juta ton) dan India (54 juta ton) sebagai negara penghasil kentang terbesar pada tahun 2021. Menurut data FAO, total luas panen secara global pada tahun 2021 adalah 18.132.694 hektar dengan produksi rata-rata dunia sekitar 21 ton per hektar (FAO, 2022).

Produktivitas kentang di Indonesia saat ini berkisar 13 ton/ha, sedangkan di negara maju lebih dari 30 ton/ha. Selain faktor serangan hama dan penyakit tanaman, rendahnya produktivitas tanaman kentang di Indonesia karena

terbatasnya bibit (varietas unggul) yang tersedia di pasaran. Dari 70.000 hektar lahan tanaman kentang di Indonesia, hanya 15 persen saja yang ditanami dengan benih/varietas bersertifikat. Pengadaan dan distribusi benih kentang berkualitas yang belum kontinyu dan memadai serta kurangnya pemahaman petani dalam berbudidaya. Padahal saat ini, penggunaan benih bebas pathogen/berkualitas mutlak diperlukan (Warnita, 2003).

Teknik budidaya kentang yang baik diperlukan untuk mendapatkan produksi tinggi dan mutu yang baik. Tanaman kentang rentan terhadap penyakit yang terbawa benih. Oleh karena itu umbi bibit yang digunakan sebagai benih harus bermutu baik yang bebas dari penyakit terbawa benih. Salah satu varietas unggul adalah jenis kentang varietas Granola yang berdaya hasil tinggi, memiliki adaptasi luas, serta tahan terhadap penyakit tertentu.

Kebutuhan benih kentang per hektar rata-rata 1,2–1,5 ton dan rata-rata kebutuhan benih per tahun di Indonesia mencapai 1.094.240–1.641.360 ton jika ukuran benih (30-40 g per butir), tetapi akan meningkat menjadi 2-2,5 ton jika digunakan benih lebih besar dari 40 g per butir (Pusluhtan Kementan, 2019). Populasi tanaman kentang per hektar umumnya berkisar antara 40.000 – 50.000 tanaman.

Keberhasilan budidaya kentang sangat ditentukan oleh ketersediaan benih unggul. Benih diharapkan tersedia dalam waktu singkat, mutu yang baik, dan dengan harga yang terjangkau. Mutu benih akan semakin menurun seiring dengan naiknya generasi benih kentang yang digunakan. Hal ini juga berkaitan dengan tanaman kentang pada periode sebelumnya yang kemungkinan sudah terpapar dengan penyakit busuk pangkal batang dan/atau hawar daun kentang.

Para petani kentang sering menggunakan benih seadanya, hasil pertanaman sebelumnya, tanpa mempertimbangkan mutu benih (banyak yang menggunakan benih di bawah G4), sehingga produksi yang dihasilkan tidak optimal. Saat ini, kebanyakan produsen benih kentang G0 dan G1 berada di daerah Jawa, sedangkan petani kentang tersebar di Indonesia. Hal ini menyebabkan tingginya biaya transportasi untuk benih.

Menggunakan umbi benih berukuran optimal dan bebas penyakit merupakan prasyarat utama untuk keberhasilan produksi kentang. Ukuran umbi bibit dan varietas kentang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi serta penampilan kentang baik dari segi kuantitas dan kualitas (Merk, 2019). Umbi benih berukuran besar dari varietas unggul umumnya berkinerja baik dalam hal hasil dan kualitas umbi dibandingkan dengan umbi benih berukuran kecil. Namun, petani kecil di Indonesia menggunakan umbi benih dengan kisaran ukuran yang lebih luas (diameter 28–55 mm atau berat 39–75 g) untuk produksi kentang tanpa mempertimbangkan varietas yang digunakan dan lingkungan kondisi lingkungan tumbuhnya (Pitojo, 2004).

Di sisi lain, ukuran umbi kentang bervariasi menurut varietas dan tipe kondisi pertumbuhan daerah tertentu. Kuantitas umbi bibit yang dibutuhkan untuk menutupi area tertentu relatif tinggi (1,8–2,2 t ha), yang secara signifikan meningkatkan biaya produksi dan mengurangi profitabilitas produksi kentang.

Untuk itu optimalisasi ukuran umbi benih diperlukan untuk mengurangi tingkat pembibitan dan meningkatkan produksi ekonomis kentang. Oleh karena itu penelitian ini dimulai dengan tujuan untuk mengidentifikasi ukuran umbi benih yang optimal untuk produksi kentang yang ekonomis.

Pertumbuhan dan produksi tanaman juga dikendalikan oleh perimbangan zat pengatur tumbuh yang ada. Zat pengatur tumbuh (ZPT) tanaman adalah senyawa organik yang dihasilkan alami pada tanaman tingkat tinggi, mengendalikan pertumbuhan atau fungsi fisiologis lainnya di lokasi yang jauh dari tempat produksinya dan aktif dalam jumlah sedikit. ZPT berperan penting dalam mempengaruhi proses-proses pertumbuhan, hasil dan kualitas hasil tanaman. Selain itu, ZPT juga diperlukan dalam perlindungan tanaman terhadap stres.

Zat pengatur tumbuh yang bersifat menghambat pertumbuhan tanaman disebut sebagai retardan. Retardan dapat menekan pertumbuhan tanaman agar tidak terlalu tinggi dan tidak mudah rebah (Rademacher, 2015). Salah satu retardan seperti golongan senyawa triazole memiliki kemampuan untuk menghambat sintesis Giberelin (Salisbury dan Ross, 1995).

Paclobutrazol, salah satu senyawa golongan triazole, merupakan salah satu jenis retardan yang diharapkan dapat menekan pertumbuhan vegetatif sehingga mengurangi pemanfaatan hasil fotosintesis bagi pertumbuhan panjang ruas tanaman dan menyebabkan tanaman menjadi lebih pendek, diameter batang menjadi lebih besar dan mencegah kerebahan.

Hamdani *et al.* (2016) melaporkan bahwa aplikasi 100 ppm Paclobutrazol pada tanaman kentang cv. Atlantik yang dibudidayakan pada dataran medium menyebabkan penghambatan pertumbuhan tinggi tanaman namun meningkatkan bobot umbi per tanaman, meningkatkan kandungan pati umbi sebesar 12,5% dibandingkan dengan tanaman kontrol. Demikian pula, Tekalign *et al.* (2005) menyatakan bahwa aplikasi Paclobutrazol mempengaruhi kandungan pati dalam umbi.

Sementara itu, peneliti lain (Ani, 2004) menyatakan bahwa aplikasi Paclobutrazol pada tanaman kentang umur 34 hari setelah tanam (HST) dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun dan indeks luas daun, menurunkan jumlah klorofil daun, meningkatkan jumlah umbi kelas B per tanaman, jumlah umbi kelas A, B, dan total umbi per plot. Sedangkan aplikasi Paclobutrazol umur 29 hst meningkatkan bobot umbi per tanaman dan bobot umbi per plot. Konsentrasi dan waktu aplikasi Paclobutrazol saling berinteraksi dalam mempengaruhi tinggi tanaman, jumlah klorofil daun, dan total umbi per plot.

Penelitian tentang pengaruh pemberian Paclobutrazol pada tanaman kentang telah banyak dilakukan di dataran medium (Tekalign and Hames, 2005; Hamdani *et al.*, 2016; Azima *et al.*, 2017; Hamdani *et al.*, 2018; Araujo *et al.*, 2019). Efek Paclobutrazol dapat mengatasi faktor penghambat pertumbuhan dan produksi tanaman kentang yang ditanam di dataran medium, karena perannya yang dapat menahan sintesis BA dan menutup stomata sehingga mengurangi pengurangan air berlebihan dari tanaman dan pengisian umbi menjadi lebih baik.

Aplikasi Paclobutrazol pada tanaman kentang di dataran tinggi belum banyak dikaji, sedangkan potensi penghasil kentang di Provinsi Lampung berada pada ketinggian lebih dari 800 mdpl seperti di wilayah Sekincau, Lampung Barat.

Pemberian Paklobutrazol pada tanaman kentang di dataran tinggi menarik untuk dipelajari apakah responnya sama dengan di daerah medium atau tidak.

Penggunaan umbi granola G0 diharapkan dapat membantu para petani penangkar benih untuk memproduksi benih umbi kentang lebih efisien sehingga lebih dapat meningkatkan produktivitas kentang, khususnya di provinsi Lampung.

Penyediaan umbi bibit untuk pertanaman berikutnya memerlukan penanganan pascapanen yang tepat. Umbi kentang setelah dipanen akan mengalami dormansi sehingga perlu disimpan selama beberapa minggu/bulan agar siap untuk bertunas. Masa dormansi yang lama kurang disukai petani karena biasanya petani ingin segera menanam kembali dari hasil pertanaman sebelumnya.

Pemberian paclobutrazol pada tanaman di lapang mungkin dapat mempengaruhi masa dormansi umbi kentang selama penyimpanan. Umbi kentang mempunyai laju respirasi dan laju produksi etilen yang sangat rendah, sehingga mengindikasikan bahwa umbi kentang memiliki daya simpan yang cukup lama. Namun, seiring dengan lamanya waktu penyimpanan kentang dapat berakibat pada kerusakan baik secara fisik, kimia, dan mikrobiologis.

Beberapa teknologi untuk menghambat kerusakan umbi kentang tersebut antara lain dengan membatasi lingkungan penyimpanan kentang seperti pengaturan suhu, kelembaban, intensitas penyinaran, dan iradiasi. Untuk itu perlu dipelajari cara penyimpanan yang baik dengan tujuan untuk mengetahui perkembangan karakteristik fisikokimia umbi kentang selama penyimpanan dalam berbagai kondisi.

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah, penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana respon pertumbuhan dan produksi tanaman kentang terhadap perbedaan ukuran umbi bibit?
2. Bagaimana respon pertumbuhan dan produksi tanaman kentang terhadap aplikasi Paclobutrazol?
3. Bagaimanakah faktor pra-panen (ukuran umbi bibit dan aplikasi Paclobutrazol) memengaruhi dinamika umbi kentang selama masa simpan?
4. Apakah residu Paclobutrazol memberikan perubahan terhadap granula pati kentang setelah masa simpan?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mempelajari respon pertumbuhan dan produksi tanaman kentang yang ditanam pada dataran tinggi terhadap perbedaan ukuran umbi bibit.
2. Mempelajari respon pertumbuhan dan produksi tanaman kentang yang ditanam pada dataran tinggi terhadap aplikasi Paclobutrazol
3. Mengamati dinamika umbi kentang selama masa simpan.
4. Mengamati perbedaan morfologi granula pati umbi kentang setelah masa simpan.

1.3 Kerangka Penelitian

Selama masa pertumbuhan dan perkembangannya, secara alami tanaman memproduksi berbagai macam hormon, senyawa organik bukan hara yang dalam konsentrasi rendah mempengaruhi sifat fisiologis tanaman. Salah satu hormon tanaman adalah giberelin. Giberelin berperan dalam pemanjangan sel, pembungaan, pematangan dormansi, dan lain-lain. Dalam kaitannya dengan pemanjangan sel maka giberelin akan menyebabkan tanaman tumbuh meninggi sampai batas tertentu.

Pengaruh dari giberelin dapat dihambat atau dihilangkan dengan aplikasi berbagai macam zat penghambat pertumbuhan (*growth retardant*), salah satunya adalah senyawa golongan triazole seperti paclobutrazol. Secara metabolisme, paclobutrazol mencegah biosintesis giberelin, dan sebagai akibatnya maka akan terjadi penurunan pembelahan dan pemanjangan sel di daerah meristematik batang.

Dengan demikian, aplikasi Paclobutrazol umumnya akan menyebabkan batang tanaman menjadi lebih pendek dibandingkan dengan tanaman normal. Sifat paklobutrazol ini telah banyak dimanfaatkan dalam industri florikultur untuk menghasilkan bunga pot yang pendek, kompak dan berbunga lebat sehingga lebih disukai konsumen.

Selain pada tanaman hias, paclobutrazol juga banyak dimanfaatkan untuk merangsang pembentukan organ reproduktif seperti pembungaan dan pembentukan umbi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi paclobutrazol selain menurunkan tinggi tanaman juga dapat meningkatkan bobot umbi dan kandungan pati umbi kentang serta menurunkan kandungan gula dalam umbi. Peningkatan bobot dan kandungan pati umbi diduga karena alokasi fotosintat lebih banyak diarahkan ke umbi daripada ke bagian tajuk tanaman.

Proses fotosintesis dan translokasi fotosintat tentu berkaitan erat dengan kinerja daun. Aplikasi paclobutrazol, baik melalui penyemprotan ke daun maupun penyiraman ke daerah perakaran, selain mempengaruhi tinggi tanaman juga mempengaruhi morfologi daun seperti warna daun menjadi lebih hijau dan lebih tebal. Warna daun yang lebih hijau mengindikasikan kandungan klorofil yang lebih tinggi dibandingkan dengan daun yang berwarna hijau muda. Kandungan klorofil yang tinggi dapat meningkatkan serapan energi cahaya matahari yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis.

Hasil fotosintesis di daun kemudian akan didistribusikan ke bagian tanaman lain termasuk untuk pembentukan dan pengisian umbi. Pembentukan umbi akan menghasilkan jumlah umbi, sedangkan pengisian umbi akan mencerminkan ukuran (bobot) umbi. Pada tahap pembentukan umbi, semakin banyak fotosintat

yang dialirkan ke umbi akan menghasilkan umbi yang semakin banyak. Namun demikian, pembesaran umbi selanjutnya tergantung pada lamanya periode pengisian umbi, semakin lama bagian tajuk tanaman tetap hijau atau tetap aktif berfotosintesis maka akan semakin lama waktu pengisian umbi sehingga akan menghasilkan umbi yang lebih besar.

Perbanyak tanaman kentang umumnya menggunakan umbi sebagai bibitnya. Untuk kentang granola, umbi bibit memiliki kode dengan huruf G misalnya G0, G1, G2 dst. Benih G0 merupakan benih dasar, dan jika ditanam akan menghasilkan jenis benih G1, kemudian G1 menghasilkan G2, G2 menghasilkan G3. Benih G0 dan G1 memiliki bobot umbi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan bobot umbi untuk kelas benih G2, G3, dan G4. Rata-rata bobot umbi pada kelas benih G0 adalah $\pm 7,14$ g/ umbi, sedangkan benih G1 $\pm 8,14$ g/umbi. Sedangkan bobot umbi kentang untuk kelas benih di bawahnya berkisar antara 38,89 – 55,95 g/umbi (Mulyono *et al.*, 2017).

Bobot umbi kentang yang dijadikan sebagai benih berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi. Secara morfologi, semakin besar ukuran umbi akan memiliki cadangan makanan dan mata tunas yang lebih banyak dibandingkan dengan umbi kecil. Oleh karena itu bibit yang berasal dari umbi besar akan lebih cepat tumbuh dan memiliki banyak tunas. Namun demikian, semakin besar bobot per umbi bibit akan membutuhkan lebih banyak umbi bibit per satuan luas, dan menjadi semakin banyak biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli bibit. Oleh karena itu, umbi bibit yang besar sering dibelah menjadi beberapa bagian sebelum ditanam di lapang. Hal ini mengandung resiko bahwa benih yang dibelah akan lebih rentan terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT).

Tanaman kentang cv. Granola yang ditanam dari benih umbi kentang dengan bobot umbi 35-50 g/umbi dan 55-70 g/umbi menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak sehingga meningkatkan aktivitas fotosintesis dan asimilat yang dihasilkan untuk pengisian umbi lebih besar daripada tanaman yang menggunakan perlakuan bobot umbi yang 15-30 g/umbi (Arifin *et al.*, 2014).

Penyimpanan benih dalam ruang simpan dengan suhu tinggi menyebabkan proses metabolisme meningkat. Hal ini disebabkan kenaikan suhu berpengaruh pada kenaikan aktivitas enzim (Salisbury and Ross, 1992). Suhu tinggi menyebabkan meningkatnya aktivitas giberelin dan mengaktifkan enzim amilase, protase dan lipase. Hal ini menyebabkan penguraian karbohidrat menjadi gula terlarut akan berlangsung dengan cepat.

Penyimpanan benih umbi bibit kentang pada suhu dingin dapat memperpanjang dormansi sampai 12 bulan. Sedangkan, dormansi umbi bibit yang disimpan pada ruang simpan dengan suhu 18—25°C benih bertahan selama 3 – 4 bulan (Beukema and van der Zaag, 2007).

Suhu ruang simpan dan cahaya dapat mempengaruhi cepat lambatnya kemunculan tunas pada umbi. Umbi kentang bibit yang disimpan pada suhu rendah akan memperlambat pertunasan, sedangkan di suhu ruang akan mempercepat pertunasan. Umbi kentang bibit dapat disimpan dalam dilakukan dalam suhu rendah (2–4°C) ataupun suhu ruang, baik dalam gudang yang diatur gelap atau dibiarkan terang (Karjadi, 2006). Umbi kentang bibit yang disimpan dalam gudang gelap cenderung menghasilkan tunas panjang dan kurus. Sedangkan, tunas menjadi vigor, berwarna gelap, serta berukuran pendek cenderung dihasilkan pada umbi yang disimpan dalam gudang terang (Karjadi, 2006).

Umbi kentang cv.GM-05 yang disimpan pada ruang simpan dengan suhu 10°C hingga 81 hari (3 bulan) memberikan susut bobot paling rendah dibandingkan dengan umbi yang disimpan pada suhu tinggi (25—29 °C). Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka semakin tinggi pula laju respirasi. Peningkatan laju respirasi turut mempercepat transpirasi H₂O (Broto *et al.*, 2018).

Dari kerangka pemikiran yang ada, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi penting terkait pengaruh ukuran umbi bibit dan paclobutrazol pada pertumbuhan dan produksi umbi kantung yang ditanam pada dataran tinggi. Umbi hasil panen pada setiap perlakuan kemudian disimpan dalam ruang simpan bersuhu rendah selama 6 bulan dan perubahan-perubahan yang terjadi selama penyimpanan didata dan diamati secara berkala.

1.4 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, didapatkan hipotesis:

1. Pertumbuhan dan produksi tanaman kentang dipengaruhi oleh ukuran umbi bibit, dimana umbi besar akan menghasilkan parameter pertumbuhan dan produksi yang lebih baik dibandingkan dengan umbi sedang.
2. Aplikasi paklobutazol dapat meningkatkan parameter pertumbuhan dan produksi tanaman kentang.
3. Besar umbi bibit dan pemberian Paclobutrazol pada tanaman di lapang berpengaruh terhadap dinamika umbi kentang selama masa penyimpanan.
4. Terdapat perbedaan morfologi granula pati umbi kentang setelah masa simpan akibat residu pemberian Paclobutrazol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan tanaman semusim yang berbentuk semak, termasuk Divisi Spermatophyta, Subdivisi Angiospermae, Kelas Dicotyledonae, Ordo Tubiflorae, Famili Solanaceae, Genus Solanum, dan Spesies *Solanum tuberosum* L. (Beukema and van der Zaag, 2007). Kentang termasuk tanaman yang dapat tumbuh di daerah tropika dan subtropika (Ewing dan Keller, 1982), dapat tumbuh pada ketinggian 500—3000 m dpl, dan yang terbaik pada ketinggian 1300 m dpl.

Tanaman kentang berasal dari Amerika Selatan (Peru, Chili, Bolivia, dan Argentina) serta beberapa daerah Amerika Tengah. Di Eropa daratan tanaman itu diperkirakan pertama kali diintroduksi dari Peru dan Colombia melalui Spanyol pada tahun 1570 dan di Inggris pada tahun 1590 (Hawkes, 1992). Penyebaran kentang ke Asia (India, Cina, dan Jepang), sebagian ke Afrika, dan kepulauan Hindia Barat dilakukan oleh orang-orang Inggris pada akhir abad ke-17 dan di daerah-daerah tersebut kentang ditanam secara luas pada pertengahan abad ke-18 (Hawkes, 1992).

Menurut Permadi (1989), saat masuknya tanaman kentang di Indonesia tidak diketahui dengan pasti, tetapi pada tahun 1794 tanaman kentang ditemukan telah ditanam di sekitar Cisarua (Kabupaten Bandung) dan pada tahun 1811 tanaman kentang telah tersebar luas di Indonesia, terutama di daerah-daerah pegunungan di Aceh, Tanah Karo, Sumatera Barat, Bengkulu, Sumatera Selatan, Minahasa, Bali, dan Flores. Di Jawa daerah-daerah pertanaman kentang berpusat di Pangalengan, Lembang, dan Pacet (Jawa Barat), Wonosobo dan Tawangmangu (Jawa Tengah), serta Batu dan Tengger (Jawa Timur).

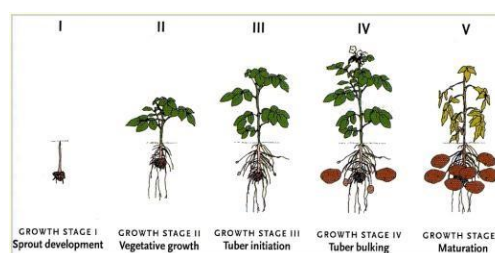
2.1 Pertumbuhan Tanaman Kentang

Tanaman kentang termasuk ke dalam katagori biji berkeping dua (dikotil), tanaman semusim dan berbentuk semak. Secara umum, tanaman kentang dikembangbiakkan dengan umbinya. Setelah tumbuh ke permukaan, batang kentang umumnya bersudut dan bersayap, berongga, dan tidak berkayu, kecuali pada bagian bawah batang yang sudah tua. Daun kentang berupa daun majemuk, permukaan bawah daun berbulu, dan berwarna hijau muda hingga hijau tua dan agak kelabu.

Tanaman kentang termasuk tanaman berjenis kelamin dua atau berbunga sempurna. Bunga tanaman kentang tumbuh pada ujung batang, tersusun dalam suatu karangan bunga yang terdiri atas 1-30 bunga berwarna putih. Bunga kentang mekar dalam 2-4 hari, dengan masa subur kepala putik dan produksi tepung sari selama dua hari.

Setelah penyerbukan, bakal buah akan membesar dan menjadi buah, buah berbetuk bulat dengan diameter 2,5 cm, berwarana hijau sampai keunguan, dan akan masak setelah 6-8 minggu setelah penyerbukan. Buah berisi 10-300 biji dan berukuran kecil (diameter 0,5mm). Umbi kentang termasuk umbi batang, terbentuk dari pembesaran ujung stolon. U mbi memiliki bentuk yang bervariasi tergantung jenisnya, ada yang bulat, lonjong, meruncing, atau mirip ginjal dengan ukuran kecil hingga besar (Pitojo, 2004).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kentang dapat dibagi menjadi lima tahap, yaitu pertumbuhan tunas, pertumbuhan vegetatif, awal pertumbuhan umbi, pertumbuhan dan pembesaran umbi, dan pemasakan (*maturation*) (Gambar 1).



Gambar 1. Tahapan pertumbuhan dan perkembangan tanaman kentang. (sumber <https://www.ag.ndsu.edu/potatoextension/6.ThorntonCropsFeb20.pdf>)

Pertumbuhan tanaman dengan munculnya tunas (Tahap 1) yaitu pertumbuhan mata tunas pada umbi kentang bibit mulai aktif tumbuh untuk menerobos permukaan tanah. Pada fase ini, akar-akar adventif mulai tumbuh pada dasar mata tunas. Sumber energi untuk pertumbuhan berasal dari cadangan makanan yang ada dalam umbi bibit.

Tahap 2 (pertumbuhan vegetatif) ditandai dengan berkembangnya organ tanaman seperti daun, cabang tanaman (cabang utama), dan akar yang semakin bertambah. Pada tahap ini, stolon mulai tumbuh dan proses fotosintesis mulai aktif. Serapan hara dan air yang cukup akan mempercepat pertumbuhan vegetative tanaman.

Tahap 3 (awal pembentukan umbi) ditandai dengan mulai tumbuhnya umbi kentang di ujung akar stolon, pada fase pertumbuhan umbi (*tuber growth*) ini terjadi persaingan yang kuat antara umbi dengan bagian atas tanaman (*shoot*) yang tumbuh dan berperan sebagai penerima (*sink*) dalam waktu yang sama. Kompetisi tersebut berhenti ketika brangkasan (pertumbuhan vegetatif) mencapai maksimum dan hanya umbi yang berfungsi sebagai penerima (*sink*), sedangkan brangkasan menjadi sumber (*source*) (Dwelle and Love, 2009). Pada tahap ini, pertumbuhan tajuk masih terjadi sampai mencapai maksimum.

Pada tahap 4 (pertumbuhan dan pembesaran umbi), sel pada umbi mulai aktif tumbuh dan berfungsi sebagai penyimpanan pati, air dan nutrisi lainnya. Selanjutnya umbi menjadi organ yang dominan sebagai tempat penyimpanan karbohidrat serta nutrisi anorganik.

Pertumbuhan dan pembesaran umbi dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang lebih tinggi dapat menunda, mengurangi atau bahkan menghambat pembentukan umbi. Secara khusus, suhu malam yang rendah akan meningkatkan dan mempercepat umbi dalam mengakumulasi pati.

Suhu udara yang tinggi menghambat induksi dan inisiasi umbi. Suhu tanah yang tinggi tidak mencegah terbentuknya stolon (sering dilihat sebagai langkah pertama menuju umbi) tetapi mencegah stolon membentuk umbi (Ewing dan Struik, 1992). Akibatnya, suhu tinggi akan memperpanjang periode dari munculnya sampai

inisiasi umbi dan akan menghasilkan tanaman yang lebih besar saat dimulainya umbi. Suhu tinggi dapat sepenuhnya menghambat induksi umbi dan pembentukan umbi selanjutnya.

Tahap V (pemasakan) ditandai dengan tanaman mulai layu, daun menguning dan mulai rontok, pertumbuhan umbi mulai melambat dan batang tanaman perlahan-lahan mati (Dwelle and Love, 2009).

2.2 Peranan Ukuran Umbi Kentang pada Pertumbuhan dan Produksi

Banyak faktor penentu hasil tanaman dipengaruhi oleh kualitas benih. Hal ini terjadi melalui pengaruh mutu benih terhadap jumlah tanaman dan batang per satuan luas, jenis batang yang terbentuk, vigor tanaman dan batang; panjang siklus pertumbuhan, keseimbangan antara pertumbuhan tangkai dan umbi, serta jumlah dan laju pertumbuhan umbi.

Ukuran umbi atau potongan benih merupakan ciri kualitas utama karena mempengaruhi jumlah mata tunas. Ukuran benih dapat ditentukan berdasarkan berat (g) atau diameter (mm). Arifin *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa jumlah mata tunas berhubungan langsung dengan status fisiologis umbi (umbi yang lebih kecil umumnya lebih muda secara fisiologis), dan karena itu mempengaruhi jumlah potensi tunas yang muncul untuk membentuk batang, serta kekuatan pertumbuhan tanaman. Umbi yang lebih besar memiliki lebih banyak mata tunas daripada umbi yang lebih kecil karena ketika umbi tumbuh lebih besar, jumlah mata tunas bertambah, karena tunas lateral baru terus menerus dimulai.

Tingkat perkembangan umbi, sebagaimana tercermin sebagian dalam ukurannya (umbi yang lebih besar semakin maju pertumbuhannya dan seringkali juga dalam perkembangannya) juga berpengaruh. Ukuran umbi benih jelas berpengaruh terhadap jumlah mata tunas, tetapi ukuran biji juga mempengaruhi jumlah tunas per umbi benih dan jumlah batang per umbi benih.

Ukuran umbi bibit menjadi kriteria utama dari viabilitas benih. Semakin besar ukuran umbi bibit maka jumlah cadangan makanan menjadi lebih besar.

Cadangan makanan yang lebih banyak menghasilkan tunas yang besar dan kuat. Ukuran umbi bibit mempengaruhi komponen pertumbuhan vegetatif tinggi tanaman, jumlah batang, jumlah daun, dan luas daun (Arifin *et al.*, 2014).

Pada dasarnya, umbi dengan ukuran berapapun dapat dijadikan sebagai benih atau umbi bibit. Ukuran umbi kentang bibit yang digunakan petani berkisar 30-80 g/umbi (Arifin *et al.*, 2014), namun banyak pula yang menggunakan umbi bibit yang lebih kecil. Petani biasanya memilih umbi kentang berukuran kecil sebagai benih, sedangkan umbi berukuran besar dijual sebagai umbi konsumsi. Semakin besar umbi semakin disukai oleh konsumen dan harganya semakin tinggi (Mulyono *et al.*, 2017).

Tanaman kentang yang ditanam dari benih kelas G0 dan G1 memproduksi umbi berukuran kecil (kelas C dan D) yang lebih banyak daripada umbi berukuran besar (kelas A dan B). Hal ini menjadi dasar penetapan kelas G0 dan G1 sesuai sebagai benih sumber untuk tanaman kentang (Mulyono *et al.*, 2017). Namun, peningkatan produksi dari kelas G0 lebih tinggi daripada kelas G1, G2, dan G3. Hal ini disebabkan mutu benih yang lebih tinggi daripada kelas benih dibawahnya (dalam hal penyakit terbawa benih tidak ada pada G0).

2.3 Peran ZPT dan Pembentukan Umbi Kentang

Hormon tumbuhan, asam giberelat (GA), telah lama diketahui memainkan peran kunci dalam penghambatan pembentukan umbi. GAs adalah hormon siklik diterpenoid yang mengatur banyak proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan yang meliputi perkecambahan, pertumbuhan batang, pembungaan, dan buah dan perkembangan umbi (Lange, 1998).

Aplikasi penghambat dari Biosintesis GA telah menunjukkan baik untuk menunda atau mempromosikan pembentukan umbi di bawah kondisi penginduksian umbi (Vreugdenhil dan Struik, 1989; Jackson dan Prat, 1996). Xu *et al.* (1998) mengukur kadar GA endogen selama berbagai tahap pemanjangan stolon dan pembentukan umbi. Mereka menemukan bahwa kadar GA1 tinggi selama pemanjangan stolon longitudinal dan menurun secara dramatis sebelum

pembengkakan pertama terlihat. Shibaoka (1993) melaporkan bahwa GA₃ mungkin terlibat dalam orientasi mikrotubulus dan mikrofibril dalam sel tumbuhan. Pengurangan kadar GA dalam kondisi induksi, seperti yang ditemukan pada ujung stolon, dapat menyebabkan reorientasi bidang ekspansi sel dan pembelahan sel, menghasilkan pembengkakan subapikal stolon (Fujino *et al.*, 1995; Xu *et al.*, 1998).

Hormon tanaman kedua yang mempengaruhi perkembangan umbi adalah auksin (IAA). Hormon tanaman ini kurang dipelajari dibandingkan dengan GA, dan perannya dalam umbi tidak selalu jelas. Namun, Roumeliotis *et al.* (2012) menunjukkan bahwa konsentrasi IAA meningkat dalam umbi selama awal tahap perkembangan umbi baik di apeks stolon maupun subapikal daerah stolon. Peningkatan tingkat transkripsi gen biosintesis IAA (StYUC-like1) menyediakan lebih lanjut bukti peningkatan auksin selama perkembangan umbi kentang (Roumeliotis *et al.*, 2012).

Dalam penelitian sebelumnya yang menghubungkan kandungan IAA dengan tuberisasi, efek promosi yang kecil untuk auksin telah diamati. Namun karena kurang akuratnya pengukuran auksin dalam stolon dan jaringan umbi, serta mode aplikasi yang berbeda, interpretasi data sulit diperoleh. Aplikasi asam 1-N-naphthylphthalamic (NPA), tidak mengubah transportasi IAA ke ujung stolon, tetapi menurunkan aliran keluar IAA ke tingkat yang sama dengan masuknya, menunjukkan bahwa pergerakan kutub IAA keluar dari ujung stolon dimediasi oleh transpor aktif (Roumeliotis *et al.*, 2012). Hasil ini menunjukkan bahwa ujung stolon kemungkinan merupakan tempat auksin biosintesis, dan bahwa auksin mengatur proses tuberisasi.

Transportasi auksin polar dimediasi oleh anggota keluarga pembawa protein penghabisan PIN. Beberapa gen PIN kentang telah terbukti diregulasi selama tahap awal perkembangan umbi di sejalan dengan peningkatan konsentrasi auksin dalam pembengkakan stolon (Kloosterman *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2011).

Auksin dapat memiliki efek mempromosikan pada ekspansi dan pembelahan sel. Reorientasi pembelahan sel dalam stolon secara historis sering dikaitkan dengan

pengurangan kandungan GA. Mengubah rasio antara GA dan IAA mungkin menjadi kunci dalam peralihan ini saat level GA menurun dan IAA meningkat pada induksi umbi.

Fungsi sitokinin (CK) pada tumbuhan sering dikaitkan sebagai transisi perkembangan yang melibatkan meristem dalam pembentukan dan proliferasi sel. Dalam hal ini, peran CK dalam pengembangan umbi kentang dapat diharapkan, karena tahap awal pembentukan umbi membutuhkan inisiasi pembelahan sel dalam stolon yang membengkak.

Aplikasi CK eksogen dapat meningkatkan jumlah umbi. Penambahan CK ke media pembentukan umbi *in vitro* dengan sukrosa tinggi telah dilaporkan meningkatkan kecepatan induksi umbi (Xu *et al.*, 1998). Peran CK dalam pembentukan umbi juga berasal dari tanaman kentang transgenik yang mengekspresikan gen *Sho* dari *Petunia hybrida*, gen biosintesis CK. Efek yang paling menonjol terdeteksi dalam hal ini antara lain baris peningkatan produksi pucuk, tertundanya pembentukan umbi, pengurangan ukuran umbi yang signifikan, dan penghambatan dormansi umbi (Zubko *et al.*, 2005).

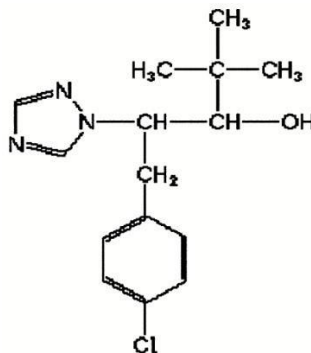
Peran sekunder untuk CK bisa jadi penciptaan *sink*, dengan mengatur ekspresi gen yang terlibat dalam mengasimilasi partisi dan pengaturan sumber–sink. Sergeeva *et al.* (2000) berhipotesis bahwa rasio antara auksin dan CK penting, dengan sedikit peningkatan CK mempromosikan umbi dan perubahan yang lebih besar yang mengakibatkan penghambatan tuberisasi.

CK mengerahkan efeknya pada pembentukan umbi dengan mengarahkan aliran senyawa karbon menuju sel stolon dan mempromosikan pembelahan sel bersama dengan auksin. Namun, hormon lain telah terlibat dalam proses ini juga. Distribusi fitohormon di empulur dan korteks terbukti berbeda pada umbi muda untuk IAA, asam absisat (ABA), dan CK. Peningkatan dari sintesis pati, akumulasi dalam empulur, dan keterlambatan proses ini di korteks mengikuti perubahan kandungan ABA (Borzenkova dan Borovkova, 2003).

Hormon tumbuhan ABA, juga telah terbukti memiliki efek promosi pada induksi umbi. Pembentukan umbi dalam media yang mengandung ABA dan sukrosa 8% dimulai lebih awal dari pembentukan umbi dalam media bebas ABA dengan 8% sukrosa, di mana umbi mini atau umbi sangat stolon pendek terbentuk (Xu *et al.*, 1998).

2.4 Aplikasi Paclobutrazol pada Tanaman

Paclobutrazol atau PACLOBUTRAZOL ([[(2R, 3R + 2S, 3S)-1-(4-kloro-fenil) 4,4-dime-thyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol]]) telah dikembangkan sebagai zat pengatur tumbuh dan terdaftar dengan nama dagang seperti Bonzi, Clipper, Cultar, dan Parsley. Paclobutrazol termasuk senyawa triazol yang dicirikan oleh struktur cincin yang mengandung tiga atom nitrogen, rantai samping klorofenil dan karbon (Rademacher, 2015). Secara struktural, Paclobutrazol adalah triazol tersubstitusi dengan dua atom karbon asimetris dan diproduksi sebagai campuran 2R, 3R, dan 2R, 3R, dan 2S, 3S enansiomer (Gambar 2).



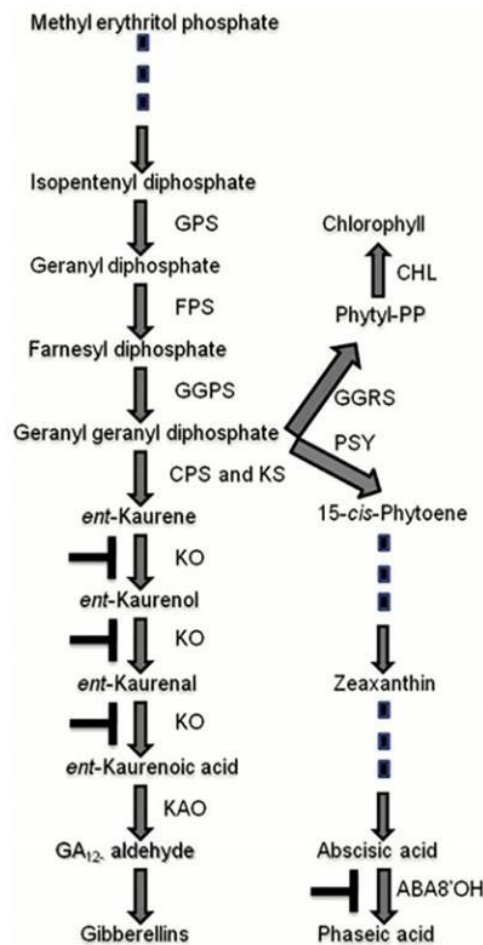
Gambar 2. Struktur molekul Paclobutrazol.

Paclobutrazol menghambat biosintesis GA dengan menghambat oksidasi dari ent-kaurene menjadi asam ent-kauronoat melalui inaktivasi oksigenase yang bergantung pada sitokrom P450 (Rademacher, 2015). Paclobutrazol juga diketahui mempengaruhi sintesis hormon asam absisat dan fitol. Asam absisat juga disintesis melalui jalur terpenoid (Gambar 3).

Ketika sintesis gibberellin diblokir, lebih banyak prekursor di jalur terpenoid diakumulasikan dan kemudian dapat dibentuk menjadi asam absisat.

Paclobutrazol juga telah dilaporkan dapat menghambat katabolisme normal ABA (Marshall *et al.*, 2000). Efek dari Paclobutrazol pada proses sintesis dan katabolisme menyebabkan peningkatan konsentrasi ABA dalam daun.

Salah satu peran utama ABA adalah menyebabkan penutupan stomata dan penurunan kehilangan air dari daun melalui transpirasi. Peningkatan kandungan ABA yang menurunkan bukaan stomata dapat menurunkan laju fotosintesis sehingga menurunkan pertumbuhan tunas dan menyebabkan lebih sedikit luas permukaan untuk transpirasi, lebih banyak akar untuk penyerapan air, dan perubahan anatomis pada daun yang memberikan hambatan terhadap kehilangan air.



Gambar 3. Jalur terpenoid untuk biosintesis gibberelin, asam absisat, fitol, dan steroid, dan jalur degradasi asam absisat.

Langkah-langkah diblokir oleh Paclobutrazol diindikasikan dengan Geranyl diphosphate sintase (GPS), Farnesil difosfat sintase (FPS), Geranyl geranyl diphosphate synthase (GGPS), ent-copalyl-diphosphate sintase (CPS), ent-kaurene sintase (KS), ent-kaurene oksidase (KO), oksidase asam ent-kaurenoat (KAO), Geranyl geranyl reduktase (GGRS), Chlorophyll synthase (CHL) dan Phytoene synthase (PSY) adalah enzim yang terlibat dalam jalur terpenoid. ABA 8'-hidroksilase (ABA 8'OH) yang terlibat dalam degradasi enzimatik ABA menjadi asam faseik. KO, KAO dan ABA 8'OH adalah enzim yang dihambat pada aplikasi Paclobutrazol.

Paclobutrazol dimanfaatkan secara luas di bidang pertanian (Rademacher, 2000). Paclobutrazol dimanfaatkan sebagai penghambat pemanjangan sel dan ruas batang karena perannya sebagai penghambat biosintesis giberelin. Giberelin merangsang pemanjangan sel. Ketika produksi giberelin terhambat, pembelahan sel tetap terjadi, tetapi sel-sel baru tidak memanjang. Hasilnya adalah pucuk dengan jumlah daun dan ruas yang sama namun dikompresi menjadi lebih pendek.

Selain itu, Paclobutrazol juga dapat menginduksi modifikasi morfologi daun, seperti pori-pori stomata yang lebih kecil, daun lebih tebal, dan peningkatan jumlah dan ukuran permukaan jaringan pelengkap, dan peningkatan kepadatan akar yang mungkin memberikan peningkatan toleransi stres lingkungan dan resistensi penyakit tertentu (Davis dan Curry, 1991).

Metode aplikasi Paclobutrazol yang paling umum adalah penyemprotan melalui daun atau disiramkan ke dalam tanah. Paclobutrazol menunjukkan hasil yang baik untuk kedua metode (Rademacher, 2015), namun penyiraman ke dalam tanah bekerja lebih lama dan menghambat tinggi tanaman dengan dosis yang lebih rendah (Franca *et al.*, 2017).

Penerapan Paclobutrazol dengan cara penyiraman ke dalam tanah lebih ekonomis, seragam dan dapat meningkatkan efisiensinya pada konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan penyemprotan via daun. Terlebih lagi, aplikasi Paclobutrazol melalui tanah dapat langsung menghambat GA sintesis karena akar mensintesis GA dalam jumlah besar (Sponsel, 1995).

Ketika Paclobutrazol diaplikasikan melalaui daun, senyawanya kurang larut dalam air dan akibatnya sangat sedikit translokasinya dalam floem. Jadi, saat diaplikasikan dengan cara disemprotkan ke kanopi tanaman, cara kerjanya agak terbatas pada daerah kontak basah. Ketika diaplikasikan melalui daun, Paclobutrazol diserap oleh tangkai daun dan batang dan ditranslokasi melalui xilem ke titik tumbuh. Ketika disiramkan ke dalam tanah, Paclobutrazol diserap melalui akar dan kemudian ditranslokasi melalui xilem ke meristem apikal.

Kelebihan aplikasi via tanah adalah karena Paclobutrazol dapat bertahan lama dalam tanah sehingga dapat diserap akar secara perlahan. Masa aktif Paclobutrazol di tanah bervariasi antara 6 dan 12 bulan tergantung pada jenis tanah dan kondisi lingkungan. Aplikasi via daun dapat menyebabkan pengerdilan dan keterlambatan pembungaan jika terjadi kontak langsung dengan bunga atau kuncup bunga (Million *et al.*, 1999). Tergantung pada spesies tanaman, Paclobutrazol dapat menunda atau mempercepat pembungaan.

Partisi hasil fotosintesis dari sumber ke *sink* (penampung) yang berbeda mungkin dikendalikan oleh kondisi lingkungan, keseimbangan hormonal dan sifat genetik. Perlakuan Paclobutrazol dapat meningkatkan rasio akar/tajuk, peningkatan partisi asimilasi ke bagian tanaman yang penting secara ekonomi seperti umbi kentang (Tekalign dan Hammes , 2005; Mabvongwe *et al.*, 2016).

Mekanisme umbi untuk bertindak sebagai sink dominan selama partisi hasil fotosintesis mungkin terkait dengan Paclobutrazol yang merangsang rendahnya kadar GA pada jaringan umbi tersebut sehingga meningkatkan aktivitas *sink* umbi (Tekalign dan Hammes , 2005). Setia *et al.* (1996) juga melaporkan bahwa aplikasi Paclobutrazol menghasilkan peningkatan keseluruhan berat kering per tanaman dan partisi asimilasi yang lebih baik (persen rasio berat kering buah terhadap bahan kering tanaman) di *Brassica juncea* dan *Brassica carinata*.

Pemberian Paclobutrazol pada tanaman mengurangi tinggi tanaman kentang dan mengubah anatomi daun. Hal ini terlihat pada sel epidermal yang lebih besar dan sel palisade lebih memanjang. Perubahan anatomi daun tersebut meningkatkan indeks klorofil daun, serta mempengaruhi metabolisme karbohidrat di daun.

Dimana, kandungan pati dan gula tak tereduksi pada daun menjadi berkurang (Araujo *et al.*, 2019).

Salah satu efek pemberian Paclobutrazol pada tanaman kentang adalah berkurangnya pertumbuhan tunas. Tanaman menjadi pendek dan padat karena terjadi pengurangan panjang batang dan luas daun. Pemberian Paclobutrazol pada tanaman mengakibatkan berkurangnya sintesis GA. Sintesis GA yang menurun menyebabkan pengurangan proliferasi sel, sehingga mengurangi ekspansi daun (Tekalign *et al.*, 2005).

2.5 Dinamika Umbi Kentang selama Masa Penyimpanan

Penanganan pascapanen (penyimpanan) umbi kentang umumnya dilakukan untuk dua tujuan yaitu mempertahankan mutu umbi secara komersial/konsumsi maupun untuk keperluan penyediaan bibit. Penanganan pascapanen yang tepat perlu dilakukan agar memenuhi kriteria mutu yang diinginkan mengingat umbi merupakan benda hidup yang masih melakukan proses fisiologis dan biokimia seperti kehilangan air (susut bobot), respirasi (perubahan cadangan makanan, karbohidrat menjadi gula), dan pertumbuhan tunas.

Secara fisiologis, umbi kentang yang baru dipanen akan mengalami dormansi. Ada tiga kelas atau jenis dormansi pada kentang, yaitu endodormansi, ekodormansi, dan paradormansi (Suttle, 2007; Hu *et al.*, 2023).

Endormansi terjadi setelah panen dan disebabkan oleh status internal atau fisiologis umbi. Di dalam situasi ini, bahkan jika umbi ditempatkan dalam kondisi yang menguntungkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tunas, tunas tetap tidak akan tumbuh.

Ekodormansi adalah ketika perkecambahan/pertunasan dicegah atau ditunda oleh kondisi lingkungan. Contohnya adalah kentang yang disimpan pada suhu yang lebih rendah memiliki periode dormansi yang lebih lama dibandingkan dengan kentang yang disimpan pada suhu yang lebih hangat. Paradormansi mirip dengan endodormansi meskipun sinyal fisiologis untuk dormansi berasal dari area

tanaman yang berbeda dari tempat asalnya terjadi dormansi. Contohnya adalah dominasi apikal umbi — meristem apikal atau kuncup/mata dominan menghambat perkembangan kuncup sekunder atau perkembangan tunas. Beberapa varietas memiliki paradormansi yang lebih kuat daripada yang lain. Musim tanam atau kondisi pra panen juga bisa mempengaruhi lama dormansi seiring dengan kondisi pasca panen seperti suhu dan cahaya.

Selama dormansi, proses biokimia dan fisiologis memang terjadi tetapi tidak segera memicu perubahan morfologi namun proses ini berhubungan dengan jumlah kecambah yang akan dihasilkan setelah pecah dormansi dan untuk kekuatan pertumbuhan umbi benih.

Dormansi merupakan salah satu aspek umur fisiologis umbi yang dimulai dengan inisiasi umbi. Namun, periode ini sulit untuk ditentukan maka dormansi pascapanen digunakan untuk tujuan praktis. Oleh karena itu, secara umum dormansi umbi kentang didefinisikan sebagai periode dari panen (pemisahan umbi dari tanaman pokoknya) sampai saat 80% umbi memunculkan kecambah/tunas dengan panjang minimal 2 mm (Suttle, 2007; Hu *et al.*, 2023)

Dormansi merupakan proses kompleks yang dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Faktor pra dan pasca panen dapat mempengaruhi lama dormansi umbi. Aksenova *et al.* (2013) menyatakan bahwa faktor yang menyebabkan dormansi umbi kentang meliputi faktor genetik (varietas), tingkat ketuaan saat panen, kondisi lingkungan saat pertumbuhan umbi, kondisi penyimpanan, perubahan senyawa endogenus dan aplikasi senyawa pemecah-dormansi, dan kerusakan umbi. Suttle (2007) menyatakan bahwa masa dormansi selama pasca panen lebih lama untuk umbi yang lebih kecil (lebih muda) dibandingkan umbi yang lebih besar (lebih tua).

Kondisi lingkungan selama pertumbuhan mempengaruhi dormansi umbi. Durasi periode dormansi juga tergantung kondisi tanah dan cuaca selama pertumbuhan, kematangan umbi saat panen, kondisi penyimpanan, dan apakah umbi tersebut terluka atau tidak (Ezekiel dan Singh, 2003). Misalnya suhu tinggi, kelembaban tanah rendah dan kesuburan tanah yang rendah selama pertumbuhan umbi

mempercepat perkembangan fisiologis dan mengurangi periode dorman. Dari kondisi lingkungan yang mempengaruhi dormansi umbi suhu tampaknya memiliki pengaruh terbesar (Turnbull dan Hanke, 1985).

Pemisahan umbi dari tanaman induk, baik sebagai hasil dari penuaan alami atau pemisahan umbi secara mekanik atau kimia, akan meningkatkan tingkat dormansi umbi selama minggu-minggu berikutnya. Intensitas dormansi selama penyimpanan umbi menurun dengan waktu dan akhirnya memiliki kemampuan untuk bertunas. Selama penyimpanan, suhu simpan yang berfluktuasi akan mempersingkat dormansi daripada yang disimpan pada suhu konstan (Muthoni *et al.*, 2014). Oleh karena itu, suhu penyimpanan harus tetap sekonsisten mungkin guna memperlambat perkembangan pertumbuhan kecambah.

Meski suhu dingin selama penyimpanan bisa memperpanjang masa dormansi, umumnya menghasilkan peningkatan kandungan gula pereduksi, terutama glukosa, yang tidak diinginkan dalam industri pengolahan karena menyebabkan pencoklatan ketika digoreng/ dipanaskan. Suhu penyimpanan yang rendah tidak sesuai untuk kentang yang ditujukan untuk pasar pengolahan. Di sisi lain, munculnya tunas/kecambah yang terlihat pada kentang tidak dapat diterima konsumen. Adanya luka pada umbi yang disebabkan oleh panen atau oleh penyakit dan hama juga dapat menyebabkan perkecambahan lebih awal.

Suhu penyimpanan memiliki efek yang nyata pada lamanya periode dormansi. Suhu penyimpanan yang tinggi mempercepat proses penuaan fisiologis dalam umbi sehingga mengurangi periode dormansi. Penyimpanan umbi antara 3 dan 25⁰C, lamanya dormansi umbi berbanding terbalik dengan suhu penyimpanan (Burton, 1989).

Umbi disimpan pada suhu 3⁰C atau lebih rendah tidak akan bertunas terlepas dari status dormansi fisiologis dan berada dalam keadaan ekodormansi. Paparan yang terlalu lama pada suhu ≤ 2 atau $\geq 30^{\circ}\text{C}$ umbi segeramengakhiri mendadak dormansi dan tunas mulai tumbuh setelah kembali ke suhusedang (Wurr dan Allen, 1976).

Wurr dan Allen (1976) melaporkan bahwa penyimpanan selama 14 hari pada 2,8°C meningkatkan laju pertumbuhan kecambah ketika umbi dikembalikan ke suhu 15,6°C dan mematahkan dormansi pada umbi yang disimpan pada suhu 10°C. Mereka juga menyatakan bahwa umbi disimpan pada suhu 2°C selama 14 hari dan kemudian pada 15°C mengandung lebih banyak giberelin dan memiliki lebih sedikit aktivitas penghambat pertumbuhan daripada yang disimpan pada suhu 15°C terus menerus. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan tingkat pertumbuhan tunas setelah periode penyimpanan pada suhu rendah.

Selain kondisi lingkungan yang ekstrem, dormansi umbi juga bisa dihentikan sebelum waktunya oleh berbagai aplikasi bahan kimia pemecah dormansi. Telah dihipotesiskan bahwa dormansi adalah diatur oleh konsentrasi relatif dari promotor pertumbuhan dan inhibitor. Seperti banyak aspek dari perkembangan tumbuhan, hormon tumbuhan diketahui memiliki peran penting dalam regulasi endodormansi umbi kentang (Suttle, 2007).

Empat dari lima kelas utama hormon tumbuhan (asam absisat [ABA], sitokinin, GAs, dan etilen) telah terlibat dalam regulasi dormansi (Suttle, 2007). Hormon endogen berperan penting dalam pengaturan dormansi umbi kentang (Suttle dan Banowitz, 2000; Coleman *et al.*, 2001). Giberelin (GA) dan sitokinin umumnya berperan dalam penghentian endodormansi, sedangkan asam absisat (ABA) dan etilen diperlukan untuk induksi dormansi tetapi hanya ABA yang diperlukan untuk mempertahankan dormansi tunas (Suttle, 2007).

ABA dianggap sebagai penginduksi dormansi yang utama (Suttle, 2007). Dari penelitian sebelumnya, disimpulkan bahwa giberelin dan ABA mungkin bukan pengatur utama dormansi. Mata tunas adalah tempat sintesis giberelin dan sitokinin.

Dormansi umbi umumnya rusak dengan aplikasi eksogen giberelin (GAs). GAs (biasanya GA₃) sering digunakan dalam program sertifikasi benih, yaitu pengujian patogen dimana penanaman kembali umbi benih secara cepat. GAs endogen tidak terlibat erat dengan kontrol dormansi umbi, tetapi memainkan peran penting dalam proses pemanjangan tunas berikutnya (Suttle, 2007).

Hemberg (1970) menunjukkan bahwa sitokinin alami dan sintetik dapat mematahkan dormansi umbi. Peningkatan kandungan sitokinin merupakan faktor utama yang menyebabkan hilangnya dormansi umbi (Turnbull dan Hanke, 1985; Suttle, 2004a) tetapi mungkin tidak mengontrol pertumbuhan kecambah selanjutnya (Turnbull dan Hanke, 1985).

Ditemukan bahwa dormansi umbi kentang utuh secara efektif dipatahkan dengan aplikasi benzyladenine (BA) pada konsentrasi 20 ppm digunakan selama 24 jam (Suttle, 2004). Efek sitokinin eksogen serta perubahan sitokinin endogen seperti zeatin mendukung pandangan bahwa perubahan dalam kedua tingkat hormon dan respon jaringan terhadap sitokinin memainkan peran penting dalam proses kontrol dormansi (Turnbull dan Hanke, 1985).

Saat panen, kandungan ABA pada umbi biasanya tinggi dan menurun saat penyimpanan pascapanen, yang bertepatan dengan pemecahan dormansi. Dengan demikian, ada spekulasi bahwa level ABA harus turun di bawah tingkat ambang tertentu sebelum induksi pertumbuhan kecambah dapat terjadi. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan antara laju pertumbuhan kecambah dan kadar awal ABA dalam umbi pada sepuluh kultivar kentang (Coleman dan King, 1984).

Pematahan dormansi terjadi karena adanya penguraian karbohidrat menjadi gula terlarut. Penguraian karbohidrat meningkatkan aktivitas giberelin endogen disertai penurunan ABA (Beltran *et al.*, 2006). Suhu ruang penyimpanan benih umbi bibit kentang mempengaruhi lama dormansi. Suhu tinggi menyebabkan meningkatnya aktivitas giberelin dan mengaktifkan enzim amilase, protease dan lipase (Salisbury dan Ross, 1995).

Kadar air menjadi indikasi tingkat kesegaran umbi kentang. Kadar air, secara tidak langsung berpengaruh terhadap mutu fisik. Kadar air umbi kentang berkisar antara 83,38–86,28%. Pengaturan pencahayaan dan suhu selama penyimpanan dapat mempertahankan kesegaran kentang (Broto *et al.*, 2018).

2.6 *Scanning Electron Microscope*

Struktur morfologi permukaan suatu sampel dalam perbesaran yang tinggi dapat dilihat di bawah *Scanning electron microscope* (SEM). Mekanisme kerja SEM adalah menggunakan berkas elektron berenergi tinggi. SEM dapat dimanfaatkan untuk mengamati berbagai jenis material, dengan beragam properti fisis dan karakter sampel (Adhika dkk., 2018).

Beberapa bagian utama dari SEM diantaranya adalah, beberapa lensa elektromagnetik untuk mengkondisikan berkas elektron, detektor untuk beberapa jenis berkas yang berbeda, dan *electron gun* untuk membangkitkan berkas electron (William dan Carter, 2009).

Berkas elektron yang sampai ke sampel akan berinteraksi dengan sampel dan menghasilkan beberapa jenis berkas yang berbeda, seperti *secondary electron*(SE), *backscattered electron* (BSE), dan *characteristic xray*. Dimana, berkas yang digunakan untuk mendapat citra SEM adalah SE dan BSE (William dan Carter, 2009).

Preparasi sampel menjadi faktor krusial sangat penting untuk bisa yang menentukan kualitas hasil pengamatan saat dianalisa dengan SEM. Struktur asli sampel tidak boleh berubah karena perlakuan yang diberikan pada saat preparasi sampel. Hal ini bertujuan agar hasil pengamatan SEM merepresentasikan struktur asli dari sampel (Adhika dkk., 2018).

Pada dasarnya, langkah-langkah dalam preparasi sampel biologi untuk SEM adalah pemotongan sampel, fiksasi, dehidrasi, pengeringan, dan pelapisan sampel dengan lapisan konduktif untuk menambah konduktivitas permukaan sampel. (Adhika dkk., 2018).

Fiksasi dilakukan untuk menjaga struktur asli dari sampel agar tidak mudah kempis atau hancur. Dehidrasi dilakukan dengan merendam sampel ke dalam larutan alkohol dengan tingkat konsentrasi yang bertambah secara bertahap hingga mencapai 100%. Tujuan dehidrasi adalah untuk menghilangkan kandungan air dari sampel.

Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kandungan cairan dari sampel tanpa membuat sampel menjadi kempis. Pengeringan dapat dilakukan dengan aplikasi cairan kimia tertentu pada sampel. Pelapisan sampel dilakukan dengan merekatkan sampel dengan *carbon tape* pada *sample stage* kemudian dilapisi dengan lapisan konduktif dengan material konduktif seperti C, Au, dan Pt, dapat dilakukan menggunakan *sputtering machine*.

Langkah fiksasi menggunakan metode fiksasi ethanol bertingkat yang dilakukan oleh Nikara dkk. (2020) berdasarkan Uwins dkk. (1993) adalah dengan merendam sampel jaringan kentang di dalam larutan ethanol fiksatif 100% selama 10 menit, diikuti dengan pergantian perendaman sampel jaringan umbi kentang dalam larutan 100% etanol terdehidrasi 2 kali masing-masing selama 30 menit. Setelah itu, sampel dikeringkan dalam desikator.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan Balai Benih Induk Hortikultura (BBIH), Sekincau, Lampung Barat 05°02'24" LS dan 104°18'14" BT dengan ketinggian tempat 1.159 m dari permukaan laut (DPL), sejak awal bulan Desember 2019 sampai dengan Maret 2020.

Jenis tanah yang berada di lahan penelitian BBIH adalah tanah andosol, yang mana bahan pembentuk utamanya berupa bahan vulkan tersier. Tanah andosol terbentuk sebab curah hujan tinggi dan suhu yang sangat rendah. Tanah andosol memiliki tekstur gembur dan warna coklat kehitaman.

Sampel daun dianalisis dan umbi kentang disimpan di Laboratorium Bioteknologi dan Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, serta di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung, sampai dengan bulan September 2020.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan, yaitu :

1. Percobaan I: Respon pertumbuhan dan produksi tanaman kentang terhadap ukuran umbi bibit dan konsentrasi Paclobutrazol.
2. Percobaan II: Pengujian fisiologi dan kepadatan granula pati umbi kentang selama masa penyimpanan sebagai akibat besar umbi bibit dan pemberian Paclobutrazol prapanen..

3.3 Percobaan I: Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang terhadap Ukuran Umbi Bibit dan Konsentrasi Paclobutrazol

Percobaan 1 berlangsung di lahan pertanian yang ada di BBIH Sekincau Lampung Barat. Percobaan 1 diterapkan dalam rancangan Strip Plot dengan 3 ulangan. Faktor pertama ukuran umbi dan faktor kedua konsentrasi Paclobutrazol.

Umbi yang digunakan yaitu benih besar 16,03 g (B) dan benih sedang 10,11 g (S), sedangkan konsentrasi Paclobutrazol yaitu 0 ppm (P0), 50 ppm (P1), 100 ppm (P2), dan 150 ppm (P3). Adapun kombinasi dari kedua faktor tersebut yaitu BP0, BP1, BP2, BP3, SP0, SP1, SP2, dan SP3, serta masing-masing diulang tiga kali.

3.3.1 Analisis Data

Data yang diperoleh diuji kehomogennannya dengan uji Barlett dan addivitas data diuji dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, maka data dianalisis dengan sidik ragam untuk pendugaan galat dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf nyata 5%. Analisis data pada penelitian ini menggunakan software R studio.

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Persiapan lahan dilakukan dengan olah tanah. Olah tanah dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah. Struktur tanah yang baik akan memudahkan akar menyerap unsur hara dan mendukung perkembangan dari umbi kentang. Tanah diolah secara mekanik menggunakan cangkul.

Bahan tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah benih kentang varietas Granola G1 dengan dua ukuran benih, yaitu benih sedang (10,11 g) dan benih besar (16,03 g). Benih berasal dari produsen benih kentang di Lembang, Jawa Barat.

Tanaman kentang ditanam dalam petak. Petak-petak tanaman terdiri atas dua kelompok, yaitu petak benih besar dan petak benih sedang (Gambar 4). Setiap petak terdiri atas 10 tanaman kentang, dengan 3 satuan percobaan dan 3 tanaman

sebagai sampel destruktif. Penanaman dilakukan dengan jarak tanam dalam baris adalah 30 cm, sedangkan jarak antarbaris adalah 60 cm.

Pelabelan dilakukan dengan menuliskan nama perlakuan pada plastik label kemudian diikatkan pada salah satu batang tanaman kentang pada masing-masing sampel tanaman.

Pemupukan dasar dilakukan dengan pemberian pupuk kandang kotoran sapi dengan dosis 1 kg/tanaman dan pupuk NPK Mutiara dengan dosis 300 kg/ha. Pemupukan dilakukan bersamaan dengan penanaman benih kentang dengan cara dilarrik. Pemupukan tambahan dilakukan pada 30 hari setelah tanam (HST), yaitu dengan pemberian pupuk KCl sebanyak 10 g/tanaman. Penyemprotan fungisida Dithane M-45 80 WP 1.2 kg/ha dilakukan pada 52 hari setelah tanam (HST). Adapun pengendalian gulma dilakukan secara manual.

Aplikasi Paclobutrazol dilakukan pada 35 HST. Paclobutrazol yang digunakan adalah Golstar 250 SC. Aplikasi Paclobutrazol dilakukan secara foliar (penyemprotan melalui daun) dengan tambahan surfactant 2 g/l. Konsentrasi Paclobutrazol yang diaplikasikan pada tanaman kentang adalah 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Volume semprot Paclobutrazol adalah 1 l/petak. Larutan Paclobutrazol 250 SC (250 g/l) terlebih dahulu dibuat larutan stok sebanyak 250 ppm. Larutan stok dibuat dengan melarutkan 1 ml Paclobutrazol 250 SC (250 g/l) dalam 1 l aquades.

		BP0/1	BP0/2	BP3/1	BP1/3
Umbi Besar		BP1/1	BP2/1	BP2/2	BP3/2
		BP2/3	BP0/33	BP3/3	BP3/2
	SP2/1	SP3/2	SP1/1	SP1/3	SP1/2
Umbi Sedang	SP0/2	SP0/1	SP2/3	SP3/1	SP3/2
	SP2/2	SP0/3			

Gambar 4. Tata letak percobaan.

3.3.3 Variabel Pengamatan

3.3.3.1 Pengujian Kualitatif

Adapun variabel pengamatan pada pengujian kualitatif dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat kehijauan daun (unit). Tingkat kehijauan daun mencerminkan kandungan klorofil dan dapat menjadi salah satu faktor penentu status N daun. Kandungan klorofil dihitung pada 3 sampel daun per petak tanaman. Daun yang dijadikan sampel adalah daun pertama yang telah membuka sempurna pada percabangan ke-4 dari pucuk. Tingkat kehijauan daun diukur menggunakan Minolta SPAD-502 plus Chlorophyll Meter. Pengamatan dilakukan pada 7 MST (minggu setelah tanam).
2. Laju fotosintesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Laju fotosintesis diukur dengan menggunakan alat the LI-6800 Portable Photosynthesis System. Pengukuran laju fotosintesis dilakukan berdasarkan laju asimilasi atau banyaknya CO₂ yang digunakan saat pengukuran pada sampel daun yang dihubungkan dengan leaf chamber ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Pengukuran dilakukan pada 3 sampel daun per petak tanaman pada umur 7 MST. Pengamatan dilakukan pada pukul 09.00—11.00 wib.

3.3.3.2 Pengujian Kuantitatif

Pengamatan pada variabel pertumbuhan dilakukan pada fase vegetatif maksimum, yaitu waktu 2 minggu setelah aplikasi Paclobutrazol dilakukan (49 HST). Selain itu, pengamatan variabel produksi dilakukan pada saat panen. Variabel yang diamati adalah sebagai berikut :

1. Tinggi tanaman (cm). Tinggi tanaman dihitung pada 5 sampel tanaman per petak tanaman. Tinggi tanaman dihitung dari pangkal batang sampai dengan titik tumbuh tertinggi yang ditetapkan di awal pengamatan. Tinggi tanaman dihitung menggunakan meteran pada umur 7 MST.

2. Bobot kering daun (g) dan Bobot daun spesifik/khas (g/cm^2). Pengukuran bobot kering daun dan bobot daun khas menggunakan sampel destruktif dari daun-daun percabangan 1—7 dari atas. Sampel daun di-oven selama 2 x 24 jam pada suhu 70°C sampai tercapai bobot konstan. Bobot kering sampel daun kemudian ditimbang dengan timbangan analitik. Bobot daun khas didapatkan dengan rasio bobot kering dan luas daun sampel daun.
3. Diameter batang (cm). Diameter batang dihitung pada 3 sampel batang per petak tanaman. Diameter batang tanaman dihitung pada 15 cm dari pangkal batang (Djuariah dkk., 2016). Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong.
4. Kerapatan stomata. Kerapatan stomata dihitung di bawah mikroskop binokular Leica DM-300 perbesaran 100x, dari hasil cetak epidermis bawah dengan kuteks transparan. Langkah pembuatan cetakan epidermis bawah adalah sampel daun dibersihkan dari kotoran. Kemudian, bagian bawah sampel daun dioleskan kuteks transparan. Sampel daun dikeringanginkan hingga kuteks kering dan ditempel dengan selotip bening. Selotip bening kemudian ditarik dari daun sehingga cetakan epidermis bawahnya ikut melekat di selotip (Gambar 5). Cetakan epidermis bawah ditempelkan pada gelas preparat.



Gambar 5. Persiapan pengamatan kerapatan stomata.

Kerapatan stomata dihitung dengan menggunakan 9 sampel daun dari 3 sampel tanaman per petak tanaman. Sampel daun adalah daun-daun yang telah membuka sempurna dari percabangan ke-4 dari pucuk.

Cetakan epidermis bawah dari setiap sampel daun dihitung kerapatan stomatanya dengan luas bidang pandang $1,31 \times 0,98 \text{ mm} = 1,28 \text{ mm}^2$. Rumus mendapatkan kerapatan stomata (Dama et al., 2020) adalah sebagai berikut:

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

5. Jumlah umbi. Setiap umbi yang didapat saat panen dari setiap tanaman perlakuan dihitung jumlahnya.
6. Kelas umbi. Kelas umbi kentang terdiri atas 4 kelas (kelas A, B, C, dan D) berdasarkan Mulyono *et al.* (2017). Kelas umbi ditentukan berdasarkan bobot umbi. Kelas A adalah umbi dengan bobot $< 90 \text{ g}$. Kelas B adalah umbi dengan berat $60\text{--}90 \text{ g}$. Kelas C adalah umbi dengan berat $30\text{--}60 \text{ g}$. Umbi dengan bobot $> 30 \text{ g}$ masuk ke dalam Kelas D.

3.4 Percobaan II: Pengujian Fisiologi dan Kepadatan Granula Pati Umbi Kentang selama Masa Penyimpanan sebagai Akibat Besar Umbi Bibit dan Pemberian Paclobutrazol Prapanen

Percobaan II bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan ukuran umbi dan aplikasi Paclobutrazol saat tanaman di lapang terhadap perubahan morfologi umbi kentang selama penyimpanan. Percobaan II dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Setiap perlakuan terdiri atas 5 sampel dengan 3 ulangan. Pengujian mutu umbi dilakukan sampai dengan 20 minggu setelah penyimpanan MSP. Pengujian SEM dilakukan pada sampel umbi yang telah disimpan selama 28 MSP.

3.4.1 Analisis Data

Data yang diperoleh diuji kehomogennannya dengan uji Barlett dan addivitas data diuji dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, maka data dianalisis dengan sidik ragam untuk pendugaan galat dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf nyata 5%. Analisis data pada penelitian ini menggunakan software R studio.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Umbi kentang hasil percobaan I kemudian disortasi dan dibersihkan dari kotoran sisa-sisa tanah yang masih menempel kemudian ditimbang bobot basahnya. Selanjutnya umbi kentang dimasukkan ke dalam karung waring dan disimpan di ruang simpan dengan kondisi gelap pada suhu 16°C di Laboratorium Ilmu Benih dan Pemuliaan Tanaman.

Pada 28 minggu setelah penyimpanan, sampel umbi dibawa ke LTSIT untuk diamati dibawah SEM untuk dianalisis morfologi jaringan dan kepadatan pati akibat residu dari aplikasi Paclobutrazol prapanen.

3.4.3 Variabel Pengamatan

3.4.3.1 Analisis Fisiologi Umbi selama Masa Penyimpanan

Pengamatan dilakukan mulai 1 minggu setelah penyimpanan (MSP) sampai dengan 20 minggu setelah penyimpanan (MSP). Variabel yang diamati adalah sebagai berikut:

1. Bobot umbi per tanaman (g). Setiap umbi yang didapat saat panen dari setiap tanaman perlakuan ditimbang bobotnya (g).
2. Bobot Akhir Umbi (g). Umbi yang telah disimpan ditimbang kembali untuk diketahui bobotnya. Pengamatan dilakukan pada 20 MSP
3. Susut bobot umbi (g). Pengamatan susut bobot umbi dilakukan pada 20 MSP.
4. Persentase waktu pecahnya dormansi pada umbi (%). Pengamatan waktu pecahnya dormansi pada umbi dilakukan sejak masa penyimpanan sampai dengan adanya tunas yang muncul dari umbi yang disimpan.
5. Jumlah tunas. Jumlah tunas diamati pada tunas yang telah memiliki panjang \geq 2 mm. Pengamatan dilakukan pada 4 MSP, 8 MSP, 12 MSP, 16 MSP, dan 20 MSP.
6. Panjang tunas (cm). Panjang tunas diamati pada tunas dengan panjang \geq 2 mm. Pengamatan dilakukan pada 4 MSP, 8 MSP, 12 MSP, 16 MSP, dan 20 MSP.

3.4.3.2 Analisis Kepadatan Granula Pati Setelah Masa Penyimpanan

Variabel morfologi granul pati umbi kentang diamati di bawah *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pengamatan dilakukan pada 28 MSP. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode ethanol (Nikara *et al.*, 2020). Preparasi sampel dilakukan dengan memotong umbi kentang, potongan sampel tersebut kemudian direndam dalam larutan ethanol 96% selama 10 menit, kemudian diangkat dan selanjutnya direndam dalam larutan ethanol 70% selama 30 menit. Perendaman dalam larutan ethanol 70% diulangi sekali lagi. Setelah itu, sampel dikeringanginkan selama 2 jam. Sampel kemudian diletakkan pada *sample holder SEM* untuk dilakukan pengamatan sesuai dengan standar pengoperasian alat *SEM* di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Pada masing-masing sampel diamati jumlah dan ukuran granul pati dalam luas bidang granul pati yang sama.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada Percobaan 1, dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi Paclobutrazol memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kandungan klorofil pada daun, penurunan tinggi tanaman, peningkatan kerapatan stomata, bobot basah daun, bobot kering daun, bobot daun khas, namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang.
2. Umbi bibit menghasilkan perbedaan pada jumlah umbi dan kelas umbi.

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari Percobaan 2 adalah sebagai berikut:

1. Pecahnya dormansi pada umbi yang disimpan terjadi sejak 3 minggu setelah penyimpanan (MSP). Konsentrasi Paclobutrazol dan besar umbi bibit berpengaruh nyata terhadap panjang tunas dari umbi kentang selama masa penyimpanan, namun interaksi antar kedua faktor tersebut tidak memberikan perbedaan terhadap panjang tunas selama masa penyimpanan.
2. Terdapat perbedaan morfologi granula pati pada umbi kentang akibat residu dari aplikasi Paclobutrazol setelah 28 MSP.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang penanaman umbi hasil umbi yang telah disimpan, sehingga dapat dipelajari residu Paclobutrazol terhadap pertumbuhan dan produksi kentang selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhika, D.R., Anindya, A. L., Tanuwijaya, V.V. dan Rachmawati, H. 2018. Teknik pengamatan sampel biologi dan non-konduktif menggunakan scanning electron microscopy. *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO)*. Bandung. 10-11 Desember 2018: 5 hal.
- Aksenova, N.P., Sergeeva, L.I., Konstantinova, T.N., Golyanovskaya, S.A., Kolachevskaya, O.O., and Romanov, G.A. 2013. Regulation of potato tuber dormancy dan sprouting. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60(3):301–312.
- Ani, N. 2004. Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol dan Urea pada stek kentang terhadap produksi tuberlet kentang granola. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 2 (1): 29-35.
- Araujo, F.F., Santos, M.N., Costa, L.C., Moreira, K.F., Araujo, M.N., Martinez, P.A.H., and Finger, F.L. 2019. Changes on Potato Leaf Metabolism and Anatomy Induced by Plant Growth Regulators. *Journal of Agricultural Science*, 11(7): 139.
- Arifin, M.S., Nugroho, A. dan Santoso, A. 2014. kajian panjang tunas dan bobot umbi bibit terhadap produksi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) varietas granola. *Jurnal Produksi Tanaman*, 2 (3): 221—9.
- Azima, N.S., Nuraini, A., Sumadi, dan Hamdani, J.S. 2017. Respons pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium terhadap waktu dan cara aplikasi paklobutrazol. *Jurnal Kultivasi*, 16 (2): 313—9.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Produksi Tanaman Sayuran 2022. *Statistik Indonesia: Statistical Year Book of Indonesia 2023*. Jakarta: BPS.
- Beltran, L., Knauber, D., Huckle, L., and Suttle, J.C. 2006. Effects of postharvest storage dan dormancy status on ABA content, metabolism, dan expression of genes involved in ABA biosynthesis and metabolism in potato tuber tissues. *Plant. Mol. Biol* (61): 687-697.
- Beukema, H.P. 1977. *Potato production*. Wageningen: International Agriculture Centre.

- Beukema, H.P. and van der Zaag, D.E. 2007. *Introduction to Potato Production*. 3rd edn. Netherldan: Pudoc Wageningen. 179 p.
- BMKG. 2020. Analisa dan Prakiraan Hujan Bulanan. *Buletin BMKG*, 24 (6): 36—7.
- Borzenkova, R.A. and Borovkova, M.P. 2003. Developmental patterns of phytohormone content in the cortex and pith of potato tubers as related to their growth and starch content. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50, 119–124.
- Broto, W., Setyabudi, D.A., Sunarmani, N. Qanytah, N., dan Jamal I. B. 2018. Teknologi penyimpanan umbi kentang (*Solanum tuberosum* L.) var. GM-05 dengan rekayasa pencahayaan untuk mempertahankan kesegarannya. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(2): 116.
- Burton, W.G. 1989. Dormancy and sprout growth.p. 471–504.In: *The Potato 3rd edn*. UK: Longman Scientific and Technical. Longman Group Ltd.
- Coleman, W.K., Donnelly, D.J., and Coleman, S.E. 2001. Potato microtubers as research tools: A review. *Ame J Pot Res.*,78: 47-55
- Coleman, W.K. and King, R.R. 1984. Changes in endogenous abscisic acid, soluble sugars and proline levels during tuber dormancy in *Solanum tuberosum* L. *Ame Pot J.*,61: 437-449.
- Davis, T.D. and Curry, E.A., 1991. Chemical regulation of vegetative growth. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 10:151—88.
- Ewing, E.E. 1987. The Role of Hormones in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuberization. In: Davies, P.J. (eds) *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development*. Dordrecht: Springer.
- Ewing, E.E., and Keller, R.E. 1982. Limiting factors to the extension of potato into non-traditional climates. p. 37-40. *Proc. Int. Congr. Research for the Potato in the Year 2000*. International Potato Centre.
- Ezekiel, R. and Singh, B. 2003. Influence of relative humidity on weight loss in potato tubers tored at high temperatures. *Indian J Plant Physiol*. 8: 141-144.
- FAO. 2022. *World Food and Agriculture – Statistical Pocketbook 2022*. FAO: Rome.
- Fujino, K., Koda, Y., and Kikuta, Y. 1995. Reorientation of Cortical Microtubules in the Sub-Apical Region during Tuberization in Single-Node Stem Segments of Potato in Culture. *Plant Cell Physiol.*, vol. 36, pp. 891–895.

- Gardner, F.P, Pearce, R.B., and Mitchell R.L. 1991. *Physiology of Crop Plants*. Diterjemahkan oleh H. Susilo. Universitas Indonesia Press: Jakarta. 428 hal.
- Gibson, L. J. 2012. Review The hierarchical structure and mechanics of plant materials. *J. R. Soc. Interface*, (9): 2749–66.
- Hamdani, J. S., Kusumiyati, dan Suradinata, Y. R. 2016. Growth dan yield of cultivar atlantic potato in medium altitude with Paclobutrazol application dan different amount of watering. *Asian Journal of Crop Science*, 8(3): 103–8.
- Hamdani, J. S., Nuraini, A., dan Mubarak, S. 2018. The use of Paclobutrazol dan shading net on growth dan yield of potato ‘medians’ tuber of G2 in medium ldan of Indonesia. *Journal of Agronomy*, 17(1): 62–67.
- Hemberg, T. 1985. Potato rest. In: PH Li (ed), *Potato Physiology*. New York: Academic Press. 353–388.
- Howlader, O. and Hoque, M.A. 2018. Growth analysis and yield performance of four potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. *Bangladesh J. Agril. Res*, 43(2): 267-280.
- Hu, Q., Tang, C., Zhou, X., Yang, X., Luo, Z., Wang, L., Yang, M., Li, D., and Li, L. 2023. Potatoes dormancy release and sprouting commencement: A review on current and future prospects. *Food Frontiers*:1–18.
- Idawati, N. 2012. *Pedoman Lengkap Bertanam Kentang : Langkah Mudah Budidaya Kentang dan Kiat Bisnis Olahan Kentang*. Edisi 1. Pustaka Baru Press. 155 hal.
- Jackson, S. and Prat, S. 1996. Control of tuberization in potato by gibberellins and phytochrome B. *Physiol. Plant*, 98: 407–412.
- Karjadi, A.K. 2016. Produksi benih kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Iptek Tanaman Sayuran*, 009:1—12.
- Kolomiets, M.V., Hannapel, D.J., Chen ,H., Tymeson, M., and Gladon, R.J. 2001. Lipoxygenase is involved in the control of potato tuber development. *Plant Cell. Mar*;13(3):613—26.
- Kumari, S., Bakshi, P., Sharma, A., Wali, V.K., Jasrotia, A., and Kour, S. 2018. Use of plant growth regulators for improving fruit production in sub tropical crops. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 7(03):659–68.
- Marshall J., Beardmore, T., Whittle, C.A., Wang, B., Rutledge, R.G., and Blumwald, E. 2000. The effects of paclobutrazol, abscisic acid, and giberellin on germination and early growth in silver, red, and hybrid maple. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 557–565.

- Merk, E.M. 2019. *A Growers Guide to Quality Potato Seed*. Creative Components. 411. <https://lib.dr.iastate.edu/creativecomponents/411>.
- Mulyono, D., Syah, M.J.A., Sayekti, A.L., dan Hilman, Y. 2017. Kelas benih kentang (*Solanum tuberosum* L.) berdasarkan pertumbuhan, produksi, dan mutu produk. *J. Hort*, 27(2): 209–16.
- Navarro, C., Abelenda, J., and Cruz-Oró, E. 2011. Control of flowering and storage organ formation in potato by flowering locus T. *Nature* 478, 119–122.
- Nikara, S., Ahmadi, E., dan Nia, A. A. 2020. Effect of different preparation techniques on the microstructural features of biological materials for scanning electron microscopy. *Journal of Agriculture and Food Research* 2, 100036: 1—7.
- Permadi, A.H. 1989. *Asal-Usul dan Penyebaran Kentang*. Lembang: Balai Penelitian Hortikultura.
- Pitojo, S. 2008. *Penangkaran Benih Kentang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Prabowo, R.Y., Rahmadwati, P., dan Mudjirahardjo. 2018. Klasifikasi Kandungan Nitrogen berdasarkan Warna Daun melalui Color Clustering menggunakan Metode Fuzzy C Means dan Hybrid PSO K-Means. *Jurnal EECCIS*. Vol. 12 (1): 1—8.
- Puslittanah. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. 246 hal.
- Pusluhtan Kementan. 2019. *Budidaya kentang benih G-0*. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/65493/BUDIDAYA-KENTANG-BENIH-G-0/>
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *An. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biology*, 51, 501-577.
- Ranjbar, M., Esfahani, M.N., and Salehi, S. 2012. Phenology and morphological diversity of the main potato cultivars in Iran. *J. Orna. Hort. Plants* 2 (3): 201—12.
- Rappaport, L., Timm, H., and Lippert, L.F. 1958. Gibberellin on white potatoes applied to freshly harvested, resting potato tubers, or used in preharvest foliar sprays, gibberellin promotes sprouting. *Calif Agric*, 12: 4–5.
- Roumeliotis, E., Visser, R.G., and Bachem, C.W. 2012. A crosstalk of auxin and GA during tuber development. *Plant Signal Behav*, 7(10):1360-3.

- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono. Bandung: ITB.
- Sergeeva, L.I., Claassens, M.M.J., Jamar, D.C.L., van der Plas, L.H.W., and Vreugdenhil, D. 2012. Starch-related enzymes during potato tuber dormancy and sprouting. *Russ. J. Plant Physiol.*, 56: 556–564.
- Setia, R.C., Kaur, P., and Setia, N. 1996. Influence of paclobutrazol on growth and development of fruit in *Brassica juncea* (L.) Czern and Coss. *J Plant Growth Regul.*, 20: 307–16.
- Shibaoka, H. 1993. Regulation by gibberellins of the orientation of cortical microtubules in plant cells. *Aust J Plant Physiol.* 20: 461–470
- Suttle, J. C. 1995. Postharvest changes in endogenous ABA levels and ABA metabolism in relation to dormancy in potato tubers. *Physiol Plant*, 95: 233—40.
- Suttle, J.C. 1998. Involvement of ethylene in potato microtuber dormancy. *Plant Physiol*, 118: 843–8.
- Suttle, J. C. 2004. Physiological Regulation of Potato Tuber Dormancy. *American Journal of Potato Research*, 81: 253—62.
- Suttle, J. C. 2004a. Involvement of endogenous gibberellins in potato tuber dormancy and early sprout growth: a critical evaluation. *Journal Plant Physiol*, 161:157–164.
- Suttle, J.C. 2007. *Dormancy and Sprouting, Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*, Vreugdenhil, D., Ed., Amsterdam: Elsevier. 287–309.
- Suttle J.C. and Banowitz, G.M. 2000. Changes in cis-zeatin and cis-zeatin riboside levels and biological activity during potato tuber dormancy. *Physiol Plant* 109: 68-74.
- Syahbudin. 2012. *Peningkatan Kualitas Hasil, Komponen Hasil dan Hasil Ubi Beberapa Varietas Kentang Prosesing (Solanum tuberosum L.) dengan Paclobutrazol di Dua Dataran Medium*. Disertasi. Program Pascasarjana. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Tekalign, T. and Hammes, P.S. 2005. Growth dan biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by Paclobutrazol. *Plant Growth Regulation*, 45(1): 37–46.
- Tekalign, T., Hammes, P.S., and Robbertse, J. 2005a. Paclobutrazol-induced leaf, stem, and root anatomical modifications in potato. *Hortscience*, 40 (5): 1343—6.

- Turnbull, C.G.N. and Hanke, D.E. 1985. The control of bud dormancy in potato tubers. Evidence for the primary role of cytokinins and a seasonal pattern of changing sensitivity to cytokinin. *Planta*, 165: 359–65.
- Uwins, P. J.R., Murray, M. and Gould, R.J. 1993. Effects of four different processing techniques on the microstructure of potatoes: comparison with fresh samples in the ESEM. *Microscopy Research And Technique*, 25:412-418.
- Vreugdenhil, D. and Struik, P.C. 1989. An integrated view of the hormonal regulation of stolon initiation, stolon growth and tuber induction in potato. *Physiologia Plantarum*, 75: 525–531.
- Warnita. 2003. Pertumbuhan dan Hasil Delapan Genotipe Kentang di Sumatra Barat. *Jurnal Akta Agrosia*, 10 (1): 94—9.
- Williams D.B. and C.B. Carter. 2009. *Transmission Electron Microscopy - a Textbook for Materials Science*. Edisi Kedua. Springer. USA: 760 hal.
- Wurr, D.C.E. and Allen, E.J. 1976. Effects of cold treatments on the sprout growth of three potato varieties. *The Journal of Agricultural Science*, 86 (1): 221—4.
- Xu X, van Lammeren, A.A, Vermeer, E., and Vreugdenhil, D. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation in vitro. *Plant Physiol. Jun*;117(2):575-84.
- Zubko E., Macháčková, I., Malbeck, J., and Meyer, P. 2005. Modification of cytokinin levels in potato via expression of the *Petunia hybrida* Sho gene. *Transgenic Res*, 14:615–618