

**PERBANYAKAN TUNAS UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz) KLON
UJ-5 DENGAN PENAMBAHAN BENZILADENIN DAN THIDIAZURON
SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh

**Lika Yuvita
1914161045**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PERBANYAKAN TUNAS UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz) KLON UJ-5 DENGAN PENAMBAHAN BENZILADENIN DAN THIDIAZURON SECARA *IN VITRO*

Oleh

LIKA YUVITA

Produksi bibit ubi kayu industri dituntut memiliki kualitas dan kuantitas yang tinggi. Namun penyediaan bibit ubi kayu secara konvensional masih menjadi kendala untuk pemenuhan bibit ubi kayu di bidang industri, baik dari segi kualitas, waktu penyediaan bibit, serta jumlah bibit yang dihasilkan terbatas. Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara aseptik dan *in vitro* yang mampu menghasilkan tanaman yang banyak dalam waktu yang singkat. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui jenis dan konsentrasi ZPT yang terbaik untuk perbanyakan tunas ubi kayu klon UJ-5, mengetahui apakah terdapat interaksi antara ZPT benziladenin dengan thidiazuron terhadap perbanyakan tunas ubi kayu klon UJ-5, dan mengetahui persentase hidup tanaman ubi kayu klon UJ-5 saat aklimatisasi sampai di lapang. Penelitian ini digunakan eksplan buku tunas ubi kayu steril yang dipotong per 1 buku dengan ukuran 1-2 cm dengan pola regenerasi organogenesis. Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama yaitu ZPT Benziladenin dengan 4 taraf konsentrasi 0, 0,1, 1, dan 3 mg/l. Faktor kedua yaitu ZPT Thidiazuron dengan 3 taraf konsentrasi 0, 0,1, 1 mg/l. Data hasil penelitian ini diuji menggunakan uji Bartlett, uji analisis ragam, dan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Media perlakuan BA 1 mg/l+TDZ 0,1 mg/l memberikan respon terbaik terhadap variabel jumlah tunas sebanyak 3,33 tunas pada umur 6 mst. Media MS0 tanpa tambahan ZPT menghasilkan respon terbaik terhadap variabel pertambahan tinggi tunas sebesar 6,6 cm dan jumlah daun hijau sebanyak 4,81 helai daun. Serta jumlah daun gugur terendah terdapat pada media kombinasi BA 3 mg/l+TDZ 0 mg/l sebesar 1,81 helai daun. Terdapat interaksi antara benziladenin dengan thidiazuron terhadap variabel pertambahan tinggi tunas pada konsentrasi BA 0 mg/l dan TDZ 0 mg/l dan jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 pada

interaksi BA 1 mg/l dan TDZ 0,1 mg/l. Persentase hidup tanaman aklimatisasi planlet ubi kayu yang berasal dari media MS0 mencapai 45,5 % dan MS+IBA 0,1 mg/l sebesar 38% dari 51 total planlet yang diaklimatisasi. Sementara persentase hidup tanaman ubi kayu di lapang yang berasal dari media MS0 (75%) dan media MS+IBA 0,1 mg/l (83,3%) dari 10 tanaman yang ditanam di lapang. Perawatan tanaman yang intensif serta kemampuan adaptasi planlet yang tinggi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan tanaman aklimatisasi.

Kata kunci: Ubi kayu, UJ-5, *in vitro*, organogenesis, benziladenin, thidiazuron

**PERBANYAKAN TUNAS UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz) KLON
UJ-5 DENGAN PENAMBAHAN BENZILADENIN DAN THIDIAZURON
SECARA *IN VITRO***

Oleh

LIKA YUVITA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian, Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PERBANYAKAN TUNAS UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz) KLON UJ-5 DENGAN PENAMBAHAN BENZILADENIN DAN THIDIAZURON SECARA *IN VITRO***

Nama : **Lika Yuvita**

NPM : 1914161045

Program Studi : Agronomi

Fakultas : Pertanian



Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Fitri Yelli", is written over the "Pembimbing Pertama" label.

Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D.
NIP 197905152008122005

A large, stylized handwritten signature in black ink is written over the "Pembimbing Kedua" label.

Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.
NIP 196110211985031002

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura

A large, stylized handwritten signature in black ink is written over the "2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura" label.

Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.
NIP 196110211985031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Ardian, M.Agr.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 10 Oktober 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Perbanyakan Tunas Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Klon UJ-5 dengan Penambahan Benziladenin dan Thidiazuron Secara *In Vitro*”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 November 2023



Lika Yuvita
NPM 1914161045

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Dusun Benuangan, Desa Pagar Jaya, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran, pada 20 November 2001. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Zahrin dan Ibu Romsah. Penulis pernah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Pagar Jaya pada tahun 2006-2012, Sekolah Menengah Pertama di SMP PGRI 6 Bandar Lampung pada tahun 2012-2015, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Perintis 2 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019.

Penulis merupakan mahasiswa aktif jurusan Agronomi dan Hortikultura yang diterima pada tahun 2019 melalui jalur masuk Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP). Selama menempuh pendidikan sarjana, penulis pernah tergabung dalam organisasi Unit Kerja Mahasiswa Universitas (UKM U) Bimbingan Rohani Mahasiswa (BIROHMAH) sebagai anggota departemen MTQ-SI (2020), juga pernah tergabung dalam organisasi Unit Kerja Mahasiswa Fakultas Pertanian (UKM FP) Forum Studi Islam (FOSI) sebagai anggota bidang Kemuslimahan (2020) dan sebagai kepala bidang Kemuslimahan (2021). Penulis juga pernah menjabat sebagai bendahara bidang di bidang Penelitian dan Pengembangan (Litbang) di Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) dan wakil sekretaris umum UKM U Unila Archery pada tahun 2022. Selain itu, penulis juga pernah berkesempatan menjadi asisten praktikum matakuliah Bioteknologi Tanaman pada tahun 2023.

Penulis juga pernah melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Desa Giham Sukamaju, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat, Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Paguyuban, Kecamatan Way Lima, Kabupaten Pesawaran

dan Praktik Umum (PU) di Unit Produksi Benih (UPB) Tanaman Buah
Pekalongan Lampung Timur pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

*I dedicate My Mini Thesis to My Mother and My Father, My brother Edwar
and My sisters Resi, Fika, as well as My Brother and Sister in-law.*

Also to My Big Family <3

MOTTO

Man Jadda Wa Jada

(Barang siapa yang bersungguh-sungguh dia akan berhasil)

Man shobaro dzhofiro

(Barang siapa yang bersabar dia akan beruntung)

Jika selama ini berdoa meminta kemudahan dan dilancarkan segala urusannya, jangan lupa juga berdo'a untuk diluaskan lagi sabar dan ikhlasnya

(Lika Yuvita)

Apapun masalahmu, jangan pernah melihat sisi negatifnya tapi lihatlah sisi positifnya, bisa jadi dengan masalahmu kamu bisa menjadi orang yang lebih baik, lebih kuat, dan lebih tangguh

(Lika Yuvita)

Believe Allah, Allah always with you

Keep Hamasah!!!

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil alamin, puji syukur kepada Allah atas segala rahmat, karunia, dan kasih sayang-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Perbanyak Tunas Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Klon UJ-5 dengan Penambahan Benziladenin dan Thidiazuron Secara *In Vitro*”** yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Selesainya penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan, motivasi, bimbingan, arahan, serta nasihat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta selaku pembimbing kedua penulis yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan untuk penulisan skripsi ini.
3. Ibu Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing pertama dan pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan, dukungan, motivasi, serta nasihat selama dibangku perkuliahan dan penyelesaian penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Ardian, M.Agr., selaku penguji yang telah memberikan dukungan, nasihat, arahan, kritik, dan saran selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si., selaku Pembina dan pembimbing di Laboratorium Ilmu Tanaman Universitas Lampung yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.

6. Kedua orang tua (Abah dan Mamak), Kak Edwar, Ayuk Resi dan Ayuk Fika tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, motivasi, serta saran yang membangun bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman *Cassava Team 19*, Anggun, Riska, Jessy, Nabila, dan Wahyu yang telah banyak memberi bantuan, dukungan, motivasi, saran, serta semangat kepada penulis selama penelitian dan penyelesaian penulisan skripsi ini.
8. Mba Titin, Mba Panca, Mba Ajeng, Bang Alipha, Bang Wahyudi, Mba Muna yang sempat memberikan semangat, motivasi, dukungan, serta wawasan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman “Habibah.id” yang tidak dapat disebutkan satu persatu, khususnya kepada Ayu Tiyani, Siti Masroni, dan Evi Putriani yang telah banyak memberi bantuan, doa, dukungan, semangat, serta kebersamaan penulis dalam kondisi suka maupun duka sejak awal perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
10. Semua teman-teman Agronomi dan Hortikultura angkatan 2019 yang telah memberikan doa, dukungan, bantuan, dan semangat kepada penulis selama di bangku perkuliahan.

Semoga Allah membalas kebaikan yang telah Ibu, Bapak, dan teman-teman berikan kepada penulis. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu sangat diperlukan saran dan kritik yang membangun untuk menjadikan penulisan skripsi ini lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 22 November 2023

Penulis,

Lika Yuvita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka pemikiran	6
1.6 Hipotesis Penelitian	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Taksonomi Ubi Kayu.....	11
2.2 Tanaman Ubi Kayu.....	11
2.3 Perbanyakkan Tanaman Ubi Kayu melalui Kultur Jaringan	13
2.3.1 Sistem Regenerasi Tanaman Secara <i>In Vitro</i>	15
2.3.2 Multiplikasi Tunas	17
2.4 Zat Pengatur Tumbuh	18
2.5 <i>Polyvinylpyrrolidone</i> (PVP)	20
2.6 Aklimatisasi	21

III. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Perbanyak Tunas Ubi Kayu UJ-5 di Media <i>In Vitro</i>	23
3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.1.2 Alat dan Bahan.....	23
3.1.3 Metode Penelitian	24
3.1.4 Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.1.4.1 Sterilisasi Alat	24
3.1.4.2 Pembuatan Media Kultur.....	25
a. Media Pre-kondisi.....	26
b. Media <i>Polyvinylpyrrolidone</i> (PVP)	27
c. Media Multiplikasi Tunas	27
d. Media Pengakaran	27
3.1.4.3 Persiapan eksplan	28
3.1.4.4 Penanaman Tunas di Media <i>Polyvinylpyrrolidone</i> (PVP)	28
3.1.4.5 Penanaman Tunas di Media Multiplikasi Tunas	29
3.1.4.6 Penanaman Tunas di Media Pengakaran	29
3.1.4.7 Variabel Pengamatan.....	29
3.2 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu UJ-5 di Lapang.....	30
3.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.3 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.2.3.1 Aklimatisasi Planlet.....	31
3.2.3.2 Pengolahan Lahan dan Pembuatan Guludan	32
3.2.3.3 Penanaman Tanaman di Lapang.....	33
3.2.3.4 Pemeliharaan Tanaman	33
3.2.3.5 Variabel Pengamatan.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Visualisasi Umum Tunas <i>In Vitro</i>	35
4.1.2 Rekapitulasi Analisis Ragam	36
4.1.3 Pertambahan Tinggi Tunas	37
4.1.4 Jumlah Tunas	38
4.1.5 Jumlah Daun Hijau	38
4.1.6 Jumlah Daun Gugur	40
4.1.7 Persentase Tunas Berakar	41
4.1.8 Jumlah Akar	42
4.1.9 Aklimatisasi Planlet	43
4.1.1.0 Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu UJ-5 di Lapang.....	45
4.2 Pembahasan	47
4.2.1 Perbanyak Tunas di media <i>In Vitro</i>	47
4.2.2 Aklimatisasi Planlet	53
4.2.3 Pertumbuhan Tanaman di Lapang	55

V. SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Simpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi media MS (Murashige dan Skoog, 1962).....	26
2. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh konsentrasi perlakuan BA dan TDZ terhadap variabel pertambahan tinggi tunas, jumlah tunas, jumlah daun hijau, dan jumlah daun gugur pada umur 6 mst (minggu setelah tanam)..	37
3. Pengaruh perlakuan TDZ terhadap jumlah daun hijau ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst	40
4. Pengaruh perlakuan BA terhadap jumlah daun gugur ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst	40
5. Pengaruh perlakuan BA dan TDZ terhadap persentase tunas berakar pada media MS0 dan MS + IBA 0,1 mg/l pada 3 mst	42
6. Pengaruh perlakuan BA dan TDZ terhadap jumlah akar pada media MS0 dan MS+IBA 0,1 mg/l pada umur 3 mst	43
7. Persentase jumlah tanaman ubi kayu klon UJ-5 yang hidup sampai di lapang	45
8. Pertumbuhan tanaman ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> yang berasal dari media MS0 pada 8 mst di lapang	46
9. Pertumbuhan tanaman ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> yang berasal dari media MS+IBA 0,1 mg/l pada 8 mst di lapang	47
10. Pengaruh BA dan TDZ terhadap pertambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	67

11.	Uji homogenitas pada variabel penambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst menggunakan uji Bartlett	67
12.	Analisis ragam pada variabel penambahan tinggi tunas ubi kayu UJ-5 pada 6 mst.....	67
13.	Hasil uji BNT pengaruh perlakuan BA terhadap penambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	68
14.	Hasil uji BNT pengaruh perlakuan TDZ terhadap penambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	68
15.	Hasil uji BNT pengaruh perlakuan BA dan TDZ terhadap penambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	68
16.	Pengaruh BA dan TDZ terhadap jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst	69
17.	Uji homogenitas pada variabel jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst menggunakan uji Bartlett.....	69
18.	Analisis ragam pada variabel jumlah tunas ubi kayu UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst	69
19.	Hasil uji BNT pengaruh perlakuan BA dan TDZ terhadap jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	70
20.	Uji homogenitas pada variabel jumlah daun hijau ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst menggunakan uji Bartlett.....	70
21.	Analisis ragam pada variabel jumlah daun hijau ubi kayu UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	70
22.	Hasil uji BNT pengaruh perlakuan TDZ terhadap jumlah daun hijau ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	71
23.	Uji homogenitas pada variabel jumlah daun hijau ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst menggunakan uji Bartlett.....	71
24.	Analisis ragam pada variabel jumlah daun gugur ubi kayu UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst.....	71

25. Hasil uji BNT pengaruh perlakuan BA terhadap jumlah daun gugur ubi kayu klon UJ-5 <i>in vitro</i> pada 6 mst	71
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir kerangka pemikiran	9
2. Diagram alir tahap aklimatisasi planlet ubi kayu klon UJ-5.....	32
3. Visualisasi perkembangan tunas di media multiplikasi tunas;	36
4. Pengaruh interaksi BA dan TDZ terhadap pertambahan tinggi tunas ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst (cm). Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5 %.	38
5. Pengaruh interaksi BA dan TDZ terhadap jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 pada 6 mst. Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5 %.	39
6. Proses aklimatisasi tanaman ubi kayu klon UJ-5; a. <i>Hardening</i> tanaman; b. tanaman yang sudah dibersihkan dari media kultur;	44
7. Pertumbuhan tanaman ubi kayu klon UJ-5 di lapang pada a). 2 mst; b). 3 mst; c). 4 mst; d). 6 mst; e) 7 mst; dan f). 8 mst.	45

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman tanaman yang begitu besar. Hal tersebut ditunjukkan oleh banyaknya ragam tanaman pangan di Indonesia. Salah satu tanaman pangan di Indonesia adalah tanaman ubi kayu. Ubi kayu merupakan salah satu tanaman pangan semusim tahunan yang banyak ditanam petani sebagai sumber pangan dan penyambung ekonomi. Tanaman ubi kayu berperan penting dalam sistem ketahanan pangan nasional dan banyak diminati dalam bidang industri pertanian yaitu sebagai bahan baku tepung, bahan pellet atau pakan ternak, serta dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Utomo *et al.* 2012). Ubi kayu memiliki potensi besar sebagai tanaman penyokong ketahanan pangan paling menjanjikan dan dapat tumbuh sepanjang tahun, bahkan di lahan dengan ketersediaan nutrisi rendah dan tahan kekeringan (Nugroho, 2016).

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan agroindustri pangan non beras seperti ubi kayu diantaranya adalah ketersediaan bahan baku pangan lokal yang tidak kontinyu serta produktivitas yang rendah sehingga tidak dapat menjamin keberlanjutan pengolahannya di bidang industri, seperti pengolahan ubi kayu menjadi tepung *cassava*. Dengan semakin berkembangnya industri pengolahan ubi kayu saat ini, menuntut penyediaan bahan baku ubi kayu dalam jumlah yang besar dan memenuhi kualitas yang ditetapkan. Sehingga para petani sebagai produsen bahan baku industri membutuhkan banyak bibit yang berkualitas untuk dapat memenuhi permintaan industri.

Salah satu klon ubi kayu yang berkualitas dan cocok ditanam di Lampung yaitu ubi kayu klon UJ-5. Ubi kayu klon UJ-5 merupakan klon unggul nasional yang memiliki keunggulan produksi tinggi mencapai 40-48 t/ha (Nugraha, 2015). Selain mampu berproduksi tinggi, ubi kayu klon UJ-5 juga memiliki kadar pati yang tinggi yaitu sebesar 31,86% (Setiawati *et al.*, 2021). Pati ubi kayu memiliki banyak manfaat baik di bidang industri pangan maupun industri non pangan. Pada industri non pangan pati ubi kayu digunakan dalam pembuatan perekat, papan bergelombang, gum, walpaper, bahan pengecoran, kertas, tekstil, mebel kayu, papan partikel, biofuel, obat, plastik, kemasan, serta penghilang noda (Patron 2008) dalam Noerwijati (2015). Pada industri pangan, pati ubi kayu digunakan dalam pembuatan roti, mie, saus, es krim, yogurt, permen, pemanis, makanan dan minuman ringan, selai, dan sebagainya (Henry *et al.*, 1998) dalam Noerwijati (2015). Hutami dan Harijono (2014) menyatakan bahwa kadar pati yang tinggi sangat baik digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung ubi kayu. Keunggulan lainnya dari ubi kayu klon UJ-5 adalah agak tahan penyakit CBB (*Cassava Bacteri Blight*) atau dikenal dengan penyakit bercak daun bakteri (Kementerian Pertanian, 2019).

Selama ini ubi kayu klon UJ-5 sudah banyak ditanam oleh petani. Namun umumnya penyediaan bibit ubi kayu masih dilakukan secara konvensional melalui setek batang (Hartati *et al.*, 2021). Pada luasan lahan satu hektar biasanya dibutuhkan bibit ubi kayu sebanyak 10.000-14.000 setek untuk budidaya ubi kayu monokultur. Pada luasan lahan tersebut penyediaan bibit ubi kayu menggunakan setek batang belum menjadi kendala, namun pada skala lahan yang luas (untuk kebutuhan industri) penyediaan bibit ubi kayu menggunakan setek batang menjadi suatu kendala karena memiliki beberapa kelemahan seperti ketersediaan pohon induk yang terbatas, mudah terjadi penularan penyakit dari tanaman induk, serta tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu perlu adanya upaya atau teknologi yang mampu memperbanyak tanaman ubi kayu secara cepat dan dalam jumlah yang banyak.

Salah satu teknologi perbanyakkan bibit saat ini yang mampu menghasilkan bibit secara cepat dalam jumlah yang banyak adalah kultur jaringan. Teknologi kultur jaringan tanaman merupakan teknologi perbanyakkan tanaman secara *in vitro* yang mampu menyediakan bibit tanaman dalam jumlah yang banyak dan dalam waktu yang singkat serta mampu menghasilkan bibit tanaman yang seragam dan tersedia sepanjang tahun (Ogero *et al.*, 2012). Melalui perbanyakkan dengan teknologi kultur jaringan diharapkan ketersediaan bibit unggul bagi petani tidak lagi menjadi kendala (Yelli *et al.*, 2022).

Dalam perbanyakkan tanaman secara *in vitro* terdapat dua pola regenerasi tanaman dari eksplan yaitu pola regenerasi organogenesis dan embrio somatik. Dalam penelitian ini perbanyakkan ubi kayu klon UJ-5 ditanam dengan pola regenerasi organogenesis secara langsung dari eksplan yang memiliki primordia tunas (dikenal dengan pola percabangan tunas aksilar). Keunggulan dari perbanyakkan tanaman *in vitro* dengan pola organogenesis adalah mampu menghasilkan jumlah tunas yang banyak serta menghasilkan tanaman yang memiliki sifat sama yang lebih dekat dengan induknya karena peluang terjadinya mutasi lebih kecil dibandingkan pola regenerasi embrio somatik (Kristanti *et al.*, 2013).

Penggunaan zat pengatur tumbuh dalam media kultur *in vitro* sangatlah penting. Zat pengatur tumbuh dalam keseimbangannya merupakan kunci keberhasilan penggunaan teknik kultur jaringan. Kemampuan memperbanyak bibit melalui kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh genotipe tanaman, komposisi media, jenis serta konsentrasi zat pengatur tumbuh yang digunakan (Mathew *et al.*, 2014). Genotipe tanaman yang berbeda-beda akan menghasilkan jumlah tunas yang berbeda-beda. Hal itu dikarenakan setiap jenis tanaman memiliki kandungan hormon endogen yang berbeda-beda sehingga akan menghasilkan respon yang berbeda pula. Media Murashige and Skoog (1962) merupakan media dasar yang banyak digunakan untuk regenerasi serta multiplikasi berbagai macam jenis tanaman secara *in vitro* termasuk ubi kayu (Khumaida *et al.*, 2013; Sá *et al.*, 2018).

Auksin dan sitokinin merupakan jenis ZPT yang sering ditambahkan pada media kultur *in vitro*. Konsentrasi sitokinin yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi auksin akan memacu pertumbuhan tunas, sedangkan konsentrasi sitokinin yang lebih rendah dari auksin akan merangsang pembentukan akar. Penelitian multiplikasi tunas ubi kayu secara *in vitro* telah banyak dilakukan, namun jumlah tunas yang dihasilkan rata-rata masih ≤ 2 tunas. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil penelitian Supatmi *et al.* (2018) menunjukkan rata-rata jumlah tunas ubi kayu genotip ubi kuning sebanyak 1 tunas pada multiplikasi tunas BAP dan GA₂ di beberapa konsentrasi. Yelli *et al.* (2022) juga menunjukkan hasil jumlah tunas < 2 pada klon UJ-3, BW-1, dan UK-1 dengan beberapa konsentrasi BA dan interaksi BA + NAA. Dari beberapa media dengan penambahan sitokinin, ZPT tunggal maupun interaksi BAP dan TDZ memberikan hasil tunas yang terbaik. Hal itu dibuktikan dengan penelitian Sukmadjaja dan Widhiastuti (2011) yang menunjukkan jumlah tunas ubi kayu tertinggi pada klon Darul Hidayah, Adira-5, dan Malang-6 sebanyak ≥ 4 tunas. Kemudian penelitian Nugroho (2017) juga menyatakan bahwa multiplikasi tunas BAP 0,1 mg dalam media dasar MS dengan tambahan sukrosa 20 g/l mampu menghasilkan jumlah tunas yang lebih banyak dibandingkan multiplikasi tunas lainnya.

Hasil perbanyakan kultur *in vitro* perlu dilakukan aklimatisasi untuk adaptasi planlet di lingkungan luar. Aklimatisasi merupakan tahap yang penting untuk menentukan keberhasilan perbanyakan tanaman dalam teknik kultur jaringan. Namun, proses aklimatisasi merupakan tahap yang cukup sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh adanya perubahan lingkungan dari lingkungan terkendali (*in vitro*) ke lingkungan luar (*ex vitro*). Perawatan yang intensif dan optimasi media merupakan faktor yang mempengaruhi keberhasilan aklimatisasi (Ogero *et al.*, 2012). Nugroho (2016) juga menyatakan bahwa perawatan dan pemeliharaan tanaman harus diperhatikan dengan baik untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman selama aklimatisasi.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan perbanyakan tunas ubi kayu klon UJ-5 secara *in vitro* pada media dasar Murashige dan Skoog (MS) dengan penambahan

sitokinin BA dan TDZ pada beberapa konsentrasi yang berbeda, dengan harapan bisa mendapatkan jenis dan konsentrasi media yang tepat dalam menghasilkan jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 yang maksimal. Kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi planlet ubi kayu klon UJ-5 hingga penanaman di lapang untuk mengetahui pertumbuhannya di lapang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Jenis zat pengatur tumbuh (ZPT) dengan konsentrasi berapakah yang terbaik untuk perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5?
2. Apakah terdapat interaksi antara ZPT benziladenin dengan thidiazuron terhadap perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5?
3. Berapa persentase hidup tanaman ubi kayu klon UJ-5 saat aklimatisasi sampai di lapang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang terbaik untuk perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5.
2. Mengetahui apakah terdapat interaksi antara ZPT benziladenin dengan thidiazuron terhadap perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5.
3. Mengetahui persentase hidup tanaman ubi kayu klon UJ-5 saat aklimatisasi sampai di lapang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu mendapatkan media yang tepat untuk memperbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5 secara *in vitro* sehingga dapat membantu dalam pengadaan dan penyediaan benih ubi kayu unggul sepanjang

tahun dalam jumlah yang banyak secara cepat untuk memenuhi kebutuhan bibit pada skala industri.

1.5 Kerangka pemikiran

Seiring berkembangnya industri baik di bidang pangan maupun non pangan, ubi kayu dituntut untuk menghasilkan produksi yang tinggi sehingga menyebabkan permintaan bibit ubi kayu semakin meningkat. Selain harus memiliki produksi yang tinggi, produksi ubi kayu juga dituntut untuk memiliki kualitas yang baik. Permasalahan yang ada saat ini adalah kurang tersedianya bibit ubi kayu yang memiliki kualitas dan kuantitas dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu perlunya penyediaan bibit ubi kayu yang memiliki kualitas baik dan dalam jumlah yang banyak. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut jenis ubi kayu yang diperbanyak haruslah memiliki kriteria yang unggul. Salah satu klon unggul ubi kayu yaitu klon UJ-5 yang digunakan dalam penelitian ini. Ubi kayu klon UJ-5 memiliki kadar pati yang cukup tinggi yang baik digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tepung tapioka.

Umumnya penyediaan bibit ubi kayu dilakukan secara konvensional menggunakan setek batang. Namun penyediaan bibit ubi kayu menggunakan setek batang membutuhkan pohon induk yang banyak untuk menyediakan bibit ubi kayu dalam jumlah yang besar. Di samping itu, bibit ubi kayu yang berasal dari setek batang memiliki kelemahan yaitu mudah terjadi penularan penyakit dari tanaman induk, tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama, dan jumlah setek yang dihasilkan terbatas karena pada 1 batang ubi kayu biasanya hanya mendapatkan 5-10 batang setek. Sehingga dengan adanya kelemahan tersebut, perlu adanya teknik baru yang mampu menghasilkan bibit ubi kayu dengan jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat.

Salah satu teknologi yang mampu menghasilkan bibit ubi kayu dengan jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat adalah melalui teknologi kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan teknologi perbanyakan tanaman secara *in vitro* yang

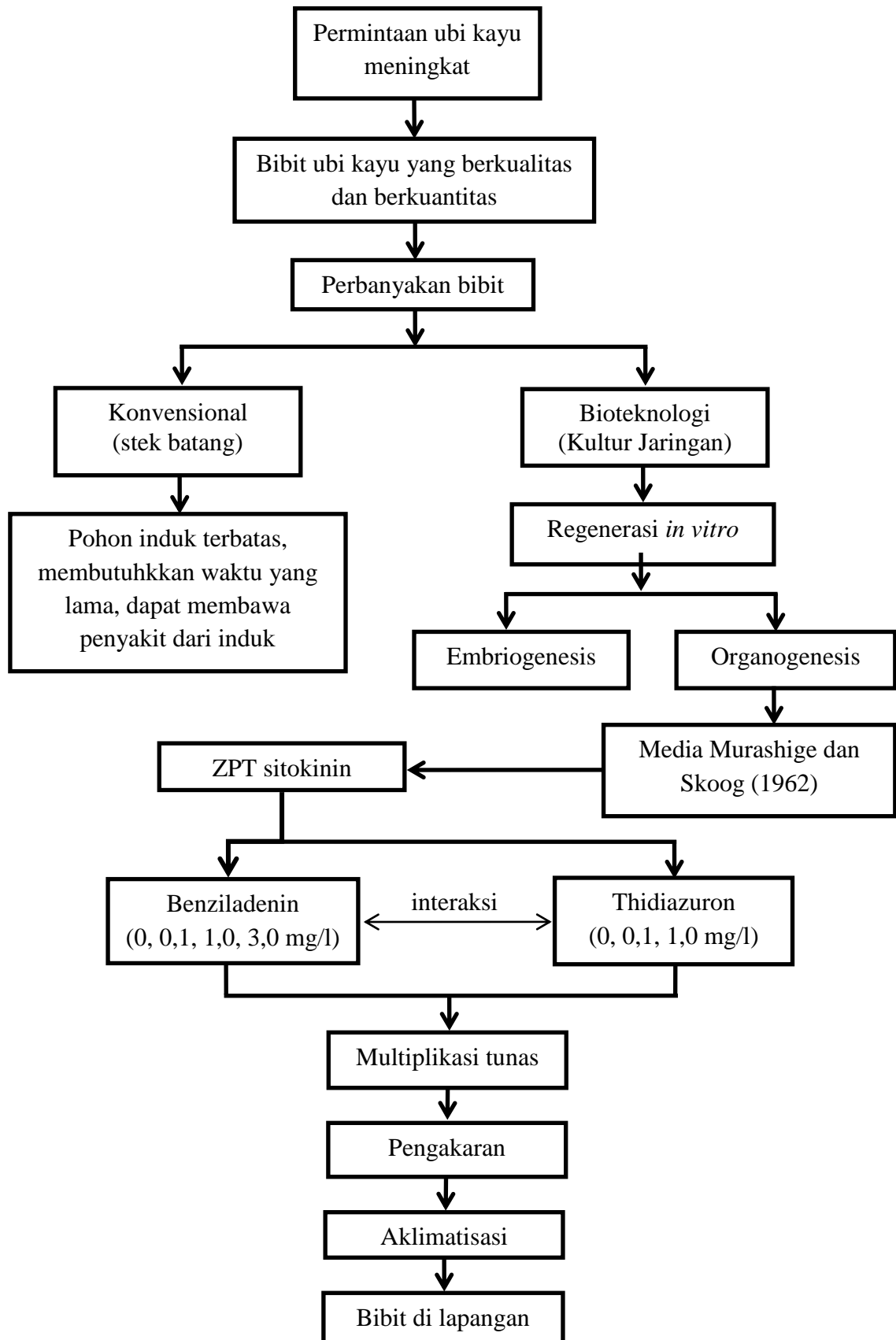
mampu menghasilkan bibit dalam jumlah yang banyak dan seragam dalam waktu yang relatif cepat. Salah satu pola regenerasi yang digunakan dalam teknologi kultur jaringan adalah organogenesis. Penggunaan pola regenerasi ini memiliki keunggulan yaitu mampu menghasilkan tunas dalam jumlah yang banyak dengan peluang terjadinya mutasi lebih kecil dibandingkan pola regenerasi embrio somatik, sehingga dapat menghasilkan bibit tanaman yang sama dengan induknya.

Perbanyak tunas melalui kultur jaringan harus didukung oleh media kultur yang tepat dan sesuai. Media kultur yang tepat dan sesuai untuk multiplikasi tunas ubi kayu akan menghasilkan jumlah tunas yang optimal. Media kultur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu media dasar Murashige dan Skoog (1962) dengan tambahan zat pengatur tumbuh dari golongan sitokinin yaitu benziladenin dan thidiazuron dengan beberapa konsentrasi yang berbeda. Penggunaan media dasar MS pada penelitian ini karena banyak literatur yang menyatakan cocok dan sesuai untuk pertumbuhan semua jenis tanaman. Penambahan ZPT sitokinin dalam media kultur penting untuk merangsang terjadinya multiplikasi tunas. Dari beberapa literatur yang penulis ketahui, ZPT Benziladenin dan Thidiazuron mampu menghasilkan tunas yang banyak pada beberapa klon ubi kayu. Sehingga pada penelitian ini digunakan penambahan ZPT tersebut dengan harapan klon UJ-5 mampu menghasilkan jumlah tunas yang maksimal.

Penelitian Sukmadjaja dan Widhiastuti (2011) menunjukkan jumlah tunas ubi kayu klon Malang-6 tertinggi pada BA 1 mg/l sebanyak 4,20 tunas, interaksi BA 1 dan TDZ 1 mg/l pada klon Darul Hidayah sebanyak 4,93 tunas, dan interaksi BA 1 dan TDZ 0,1 mg/l pada klon Adira-5 sebanyak 7,20 tunas. Beberapa konsentrasi ZPT yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benziladenin 0, 0,1, 1,0 dan 3,0 mg/l dan thidiazuron 0, 0,1, dan 1,0 mg/l.

Aklimatisasi merupakan tahap akhir yang menentukan keberhasilan dalam teknik perbanyak kultur jaringan. Aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan kultur *in vitro* ke lingkungan *ex vitro*, sehingga dapat hidup di lingkungan luar dengan baik. Persentase keberhasilan aklimatisasi sangat dipengaruhi oleh

kemampuan adaptasi planlet serta perawatan tanaman yang intensif. Bagan alir kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dipaparkan, dapat diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Media MS0 yang ditambah dengan ZPT benziladenin 1 mg/l dan thidiazuron 0,1 mg/l merupakan media terbaik untuk perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5 secara *in vitro*.
2. Terdapat interaksi antara ZPT benziladenin 1 mg/l dan thidiazuron 0,1 mg/l terhadap perbanyak tunas ubi kayu klon UJ-5.
3. Persentase hidup tanaman yang tinggi dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi planlet serta perawatan tanaman yang intensif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Ubi Kayu

Tanaman ubi kayu memiliki taksonomi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Ordo	: Euphorbiales
Family	: Euphorbiaceae
Sub family	: Crotonodeae
Genus	: <i>Manihot</i>
Species	: <i>Manihot esculenta</i> (Bargumono, 2012)

2.2 Tanaman Ubi Kayu

Ubi kayu (Crantz) merupakan tanaman yang berasal dari daerah tropis Amerika Selatan, dan dikembangkan di Brazil. Tanaman ini tersebar di penjuru dunia dimulai dari Afrika dan masuk ke Indonesia pada abad ke 18 (Utama dan Rukismono, 2018). Meskipun ubi kayu bukan tanaman asli Indonesia, tetapi telah berkembang luas hampir di seluruh wilayah. Ubi kayu terbukti berperan penting sebagai penyangga pangan bagi masyarakat pedesaan di Pulau Jawa pada jaman kolonial, dan saat ini berperan penting dalam sistem perekonomian Indonesia, khususnya sebagai bahan baku berbagai industri pangan dan non-pangan untuk keperluan dalam negeri maupun ekspor.

Ubi kayu merupakan tanaman “multiguna” karena umbi, batang dan daunnya bermanfaat. Umbi ubi kayu kaya gizi, mengandung karbohidrat 34%, protein 1,2%, lemak 0,3%, fosfor 40%, berbagai unsur mineral, dan bahkan vitamin. Bagian kulit umbi dan limbah industri pati (onggok) digunakan sebagai bahan pakan ternak. Di pedesaan, batang muda dan daun banyak dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, dan batang ubi kayu kering sebagai bahan bakar. Daun ubi kayu merupakan sumber protein (6,8%), mineral serta vitamin A dan C. Sebagai sumber karbohidrat, ubi kayu banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai industri. Melalui berbagai proses dehidrasi, hidrolisis, sakarifikasi, dan fermentasi ubi kayu dapat diproses menjadi glukosa, dekstrosa, sorbitol, bioetanol, lem, bahan kertas dan lain-lain. Selain untuk pengganti nasi, ubi kayu juga kerap diolah menjadi berbagai olahan makanan, mulai dari keripik ubi kayu, tape ubi kayu, getuk, gatot, tiwul instan dan masih banyak olahan lainnya.

Ubi kayu memiliki daun yang tumbuh di sepanjang batang dengan tangkai yang panjang. Warna daun muda (pucuk) hijau kekuningan atau hijau keunguan sedangkan daun dewasa berwarna hijau tua dan bagian tiap daun (cuping daun) berukuran lebar dengan ukuran panjang atau lebar <5 cm. Daun ubi kayu biasanya berjumlah 5-7 helai daun berbentuk lanset dengan ujung meruncing (Restiani *et al.*, 2014). Kemudian batang ubi kayu memiliki tekstur keras berkayu dengan ketinggian ± 3 m yang umumnya memiliki warna berbeda yaitu ketela pohon muda berwarna hijau pada bagian luar tepi dan berwarna sedikit putih, coklat kelabu serta hijau kelabu jika sudah matang. Selain itu, pada bagian dalam batang ketela pohon terdapat lapisan mirip gabus berwarna putih.

Salah satu klon ubi kayu yang diproduksi di Lampung yaitu ubi kayu klon UJ-5 yang termasuk ke dalam klon unggul nasional. Tanaman ubi kayu klon UJ-5 memiliki keunggulan yaitu mampu berproduksi tinggi mencapai 40-48 t/ ha (Nugraha, 2015). Sifat unggul lainnya dari klon UJ-5 yaitu memiliki daun yang tidak cepat gugur, adaptif pada tanah ber-pH tinggi dan rendah, adaptif pada kondisi populasi tinggi sehingga dapat menekan pertumbuhan gulma, dan dapat dikembangkan pada pola tumpang sari. Ubi kayu klon UJ-5 memiliki ciri-ciri

morfologi yaitu pucuk daun berwarna ungu dan warna daun hijau muda, warna permukaan atas daun hijau kekuningan, warna permukaan bawah daun hijau kekuningan, warna batang abu-abu, warna umbi putih susu, bentuk umbi silinder, warna kulit umbi putih, warna korteks umbi putih, dan memiliki tekstur kulit umbi yang halus. Tinggi tanaman ubi kayu klon UJ-5 mencapai 342,05 cm, diameter batang 25,18 mm, panjang tangkai daun 15,53 cm, lebar daun 17,80 cm, panjang lobus daun 11,08 cm, dan lebar lobus daun 2,77 cm (Setiawati *et al.*, 2019).

Tanaman ubi kayu umumnya dapat ditanam dan tumbuh dimana saja baik pada kondisi lingkungan yang kurang mendukung sekalipun, namun akan tumbuh lebih baik apabila ditanam pada lahan dengan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhannya. Curah hujan yang optimal untuk pertumbuhan ubi kayu umumnya yaitu pada intensitas curah hujan yang cukup, rendah <500 mm atau curah hujan tinggi yaitu 5000 mm. Curah hujan optimum untuk ubi kayu berkisar antara 760-1015 mm per tahun. Curah hujan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya serangan jamur dan bakteri pada batang, daun dan umbi apabila drainase kurang baik. Adapun suhu udara tanaman ubi kayu yang ideal yaitu 18°-35°C. Pada suhu di bawah 10 °C pertumbuhan tanaman ubi kayu terhambat. Kelembaban udara optimal untuk tanaman ubi kayu antara 60-65%. Sinar matahari yang dibutuhkan bagi tanaman ubi kayu sekitar 10 jam/hari, terutama untuk kesuburan daun dan perkembangan umbinya. Ketinggian tempat yang baik dan ideal adalah 10 – 700 m dpl, sedangkan toleransinya adalah 10-1500 m dpl.

2.3 Perbanyak Tanaman Ubi Kayu melalui Kultur Jaringan

Tanaman ubi kayu dapat diperbanyak secara generatif menggunakan biji, namun dapat menghasilkan variasi genetik yang tinggi (Hartanti *et al.*, 2019). Umumnya petani menanam tanaman ubi kayu secara vegetatif yaitu menggunakan setek batang. Penanaman ubi kayu dengan setek batang yaitu potongan batang ubi kayu ditanam dengan beberapa buku pada setiap satu batang. Keunggulan penanaman ubi kayu dengan setek yaitu tak terkendala musim/waktu, tanaman baru akan

menghasilkan sifat yang sama dengan induknya dan memiliki umur yang sama dengan induknya sehingga lebih cepat berumbi. Kemudian perbanyak ubi kayu dengan setek juga dapat diperbanyak secara kontinyu. Dari beberapa keunggulan perbanyak setek, juga memiliki kelemahan diantaranya yaitu membutuhkan pohon induk yang banyak, tidak memiliki umur simpan yang panjang, serta rentan membawa penyakit dari tanaman induk (Sinaga *et al.*, 2022). Hal ini juga didukung oleh Utomo *et al.* (2020) yang menuliskan kelemahan setek yaitu *bulky/voluminous* dan sulit disimpan karena mudah mengalami dehidrasi/kering sehingga kualitas/viabilitas benih menurun khususnya jika panen dilakukan pada musim kemarau.

Selain diperbanyak dengan cara setek batang, baru-baru ini juga ubi kayu dapat diperbanyak dengan teknik grafting yaitu menggabungkan dua jenis ubi kayu untuk mendapatkan jenis tanaman ubi kayu yang diinginkan. Keunggulan dari teknik grafting sendiri yaitu dapat memperoleh tanaman yang kuat karena batang bawahnya tahan terhadap keadaan tanah yang tidak menguntungkan. Biasanya jenis batang bawah yang digunakan yaitu jenis ubi kayu karet. Keunggulan lainnya yaitu dapat memperbaiki jenis tanaman yang telah tumbuh menjadi jenis tanaman yang dikehendaki, serta dapat menghasilkan umbi lebih cepat dibandingkan dengan teknik perbanyak generatif. Adapun kelemahannya yaitu tingkat keberhasilan rendah apabila batang bawah dan batang atas tidak cocok.

Perbanyak tanaman ubi kayu sangat penting dilakukan untuk memasok kebutuhan produksi tanaman ubi kayu, terutama dalam bidang industri. Bibit yang digunakan harus memiliki kriteria baik dan unggul seperti tepat varietas atau jenis, mutu, jumlah, waktu, harga, dan berkelanjutan untuk menunjang produksi ubi kayu yang maksimal. Dari kedua teknik perbanyak ubi kayu di atas nyatanya masih belum bisa memenuhi kebutuhan bibit yang banyak dalam waktu yang singkat. Salah satu teknik perbanyak yang dapat memenuhi kebutuhan bibit yang banyak dalam waktu yang singkat yaitu melalui teknik perbanyak vegetatif kultur jaringan (Ziraluo, 2021).

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan vegetatif yang mengisolasi atau memisahkan bagian tanaman seperti sel, organ, jaringan, dan protoplas yang dibudidayakan di dalam media kultur *in vitro* secara aseptik dengan hara lengkap dalam lingkungan yang terkendali sehingga mendapatkan tanaman yang lengkap (Anny, 2020). Biasanya dalam media kultur sering ditambahkan zat pengatur tumbuh untuk merangsang multiplikasi tunas atau akar. Melalui perbanyakan kultur jaringan dapat menghasilkan bahan tanam yang bermutu dalam jumlah yang banyak dan jelas varietasnya, serta dihasilkan dalam waktu yang relatif singkat. Bibit unggul yang dihasilkan dari kultur jaringan biasanya bebas dari patogen (apabila eksplan yang digunakan berasal dari jaringan tanaman yang sehat atau berasal dari jaringan meristem) dan dapat dijadikan sebagai mother stock (pohon induk). Keunggulan lainnya dari teknik perbanyakan ini adalah dapat menyimpan tanaman dalam waktu yang cukup lama secara *in vitro*, tidak bergantung musim karena dilakukan di ruang yang terkendali, daya multiplikasinya tinggi dari bahan tanaman yang kecil, serta dapat menghasilkan tanaman yang seragam (Ziraluo, 2021). Dengan berkembangnya teknik kultur jaringan saat ini, kendala dalam multiplikasi tanaman dapat teratasi.

2.3.1 Sistem Regenerasi Tanaman Secara *In Vitro*

Dalam perbanyakan tanaman secara *in vitro* terdapat tiga pola regenerasi tanaman yang terdiri atas organogenesis, dan embrio somatik. Dwiyani (2015) menyebutkan pola regenerasi organogenesis pada dasarnya terbagi menjadi 3 jenis, yaitu organogenesis secara langsung dari eksplan yang memiliki primordia tunas, organogenesis secara langsung dari eksplan yang tidak memiliki primordia tunas, dan organogenesis secara tidak langsung melalui fase kalus. Organogenesis secara langsung dari eksplan yang memiliki primordia tunas dapat terjadi jika jaringan eksplan yang digunakan memiliki bakal tunas (*pre-existing shoots*) yang belum muncul ke permukaan. Beberapa bagian eksplan yang biasa digunakan dalam jenis ini berupa tunas apikal (*apical buds*), tunas lateral (*laterally buds*), dan irisan buku/ruas pada batang (*nodal segment*).

Bagian-bagian eksplan tersebut perlu dikulturkan di media dengan penambahan ZPT sitokinin untuk menginduksi tunas, sehingga bakal tunas dapat muncul ke permukaan. Hasil dari kultur eksplan tersebut akan terjadi poliferasi tunas dan menghasilkan tunas yang banyak disebut tunas aksilar. Pada pola ini juga sering disebut pola regenerasi percabangan tunas aksilar (*axillary branching*).

Pola organogenesis secara langsung dari eksplan yang tidak memiliki primordia tunas dapat terjadi apabila organ tunas muncul dari sel-sel eksplan secara *de novo*. Pada pola regenerasi ini, tunas adventif terbentuk dari bagian eksplan yang sebelumnya bukan mata tunas, misalnya dari eksplan ujung akar atau potongan daun. Pola regenerasi ini juga sering disebut dengan pola organogenesis langsung. Organogenesis langsung adalah kondisi dimana sel eksplan kompeten terdiferensiasi menjadi meristemoid. Artinya, sekumpulan sel yang mirip meristem yang selanjutnya mengikuti perkembangan membentuk primordia kemudian membentuk organ (tunas dan akar), tergantung pada sinyal hormonal yang diterima oleh eksplan (Yusnita, 2015).

Adapun pola organogenesis secara tidak langsung terjadi jika organ yang terbentuk (dalam hal ini tunas) terjadi melalui fase kalus (Dwiyani, 2015). Hapsoro dan Yusnita (2018) menyatakan bahwa organogenesis tidak langsung adalah kondisi dimana sel-sel eksplan yang mengalami dediferensiasi membentuk kalus sebelum sinyal hormonal akan mengarahkannya membentuk meristemoid, pembentukan primodial kemudian organ. Kalus yang awalnya terbentuk dari eksplan umbut kelapa sawit disubkultur ke media yang mengandung hormon untuk menginduksi tunas. Selanjutnya tunas-tunas tersebut dipindahkan ke media pengakaran untuk membentuk plantlet secara utuh (Dwiyani, 2015).

Kalus adalah sekumpulan sel yang tidak terorganisasi dan meristematik yang biasanya terbentuk akibat pelukaan atau eksplan mengalami dediferensiasi sel. Kalus yang terbentuk pada pola regenerasi organogenesis memiliki ciri-ciri berwarna putih kompak. Tunas-tunas adventif yang terbentuk tersebut jika sudah tumbuh memanjang dapat diakarkan dan diaklimatisasi menjadi bibit siap tanam.

Proses organogenesis dipengaruhi oleh tiga faktor: (a) inokulum, (b) medium, dan (c) kondisi lingkungan. Sehingga proses organogenesis dapat diatur oleh komponen media, zat yang dibawa oleh eksplan, dan senyawa endogen yang dihasilkan dalam kultur (Singh, 2020).

Embriogenesis somatik adalah proses dimana sel-sel somatik tanaman terinduksi membentuk sel-sel embriogenik yang melalui serangkaian perubahan biokimia dan morfologi menghasilkan struktur embrio bipolar yang tidak terhubung oleh jaringan vaskuler dengan jaringan eksplan awal (Yusnita, 2015). Sama halnya seperti organogenesis, proses terbentuknya embrio somatik pada pola regenerasi embriogenesis somatik dapat terjadi secara langsung dari permukaan eksplan tanpa didahului terbentuknya kalus (embriogenesis somatik langsung), atau terjadi secara tidak langsung yaitu embrio somatik terbentuk setelah terbentuknya kalus (embriogenesis somatik tidak langsung) (Hapsoro dan Yusnita, 2018). Ciri kalus embriogenik yaitu bertekstur remah, berwarna putih kekuningan, memiliki nodul pada permukaan, mengkilap, dan tidak berlendir. Sedangkan kalus non embriogenik memiliki struktur kalus yang kompak, lunak, berair dan berwarna coklat kehitaman (Oktafiana *et al.*, 2022).

2.3.2 Multiplikasi Tunas

Perbanyakan melalui kultur *in vitro* memiliki beberapa tahap, yaitu inisiasi, multiplikasi, pengakaran dan aklimatisasi (Baday, 2018). Multiplikasi merupakan salah satu tahap kultur *in vitro* untuk mendapatkan bibit tanaman dalam jumlah yang banyak. Multiplikasi juga dapat diartikan sebagai kegiatan memperbanyak calon tanaman dengan menanam eksplan ke dalam media (Lestari, 2019). Tunas-tunas yang dihasilkan dari multiplikasi nantinya akan memasuki tahap pemanjangan dan pengakaran sehingga diperoleh planlet yang akan diaklimatisasi. Pada tahap ini terjadi perbanyakan tunas dengan mendorong tunas lateral atau merangsang tunas adventif (Yusnita, 2003). Proses multiplikasi ini diharapkan dapat membentuk organ atau bagian tanaman lain yang menunjang pertumbuhan selanjutnya seperti tunas, akar, dan daun. Adapun parameter terjadinya

multiplikasi dapat diukur pada jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi tunas (Amalia, 2020).

Faktor-faktor yang mempengaruhi multiplikasi tunas diantaranya yaitu genotipe tanaman, sumber eksplan, jenis media, komposisi media, suhu, dan cahaya ruang inkubasi. Jenis klon yang berbeda akan menghasilkan jumlah tunas yang berbeda. Hal itu disebabkan kandungan hormon endogen pada setiap jenis klon atau tanaman yang berbeda-beda, sehingga akan memberikan respon pertumbuhan yang berbeda pula. Hal ini dapat diketahui dari hasil penelitian Sukmadjaja dan Widhiastuti (2011) yang menunjukkan bahwa ubi kayu klon Malang-6 menghasilkan jumlah tunas tertinggi sebanyak 4,20 tunas pada media BAP 1 mg/l, sementara pada klon Darul Hidayah menghasilkan 4,93 tunas pada media BAP 1 mg/l dan TDZ 1 mg/l, dan pada klon Adira-4 sebanyak 7,20 tunas pada media BAP 1 mg/l dan TDZ 0,1 mg/l. Pernyataan tersebut juga selaras dengan penelitian Abd-Alla *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa ubi kayu klon “America” yang ditanam pada media MS yang mengandung 1,0 mg/l BA dan 0,05 mg/l NAA menghasilkan 5.67 tunas per eksplan. Sementara itu pada penelitian Khumaida dan Fauzi (2013), ubi kayu klon Adira 2 menghasilkan jumlah tunas sebanyak 1,5 tunas pada media MS yang ditambah dengan 0,5 maupun 1,5 ppm BAP.

2.4 Zat Pengatur Tumbuh

Selain terdiri dari unsur hara yang lengkap, biasanya media kultur juga diberi tambahan zat pengatur tumbuh (ZPT) yang bertujuan untuk mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan menjadi struktur morfologi tanaman tertentu (Yusnita, 2015). Manuhara (2019) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh adalah suplemen yang ditambahkan ke dalam medium kultur jaringan untuk mengatur pertumbuhan dan perkembangan pada kultur jaringan dan kultur organ tanaman. Dua golongan utama zat pengatur tumbuh yang sering digunakan di dalam kultur *in vitro* adalah golongan auksin dan sitokinin. Dalam penelitian ini dilakukan perbanyak tunas (multiplikasi) dengan penambahan ZPT sitokinin pada medium kultur yang harapannya mampu menghasilkan jumlah tunas yang

banyak sehingga dapat memproduksi bibit ubi kayu yang lebih banyak dari sumber eksplan yang sedikit. Selain itu diperlukan juga penambahan ZPT auksin dalam media pengakaran sebagai hormon inisiasi akar.

Secara alami, auksin di dalam tanaman berperan dalam pemanjangan batang dan internodus. Dalam kultur *in vitro* auksin berperan dalam pembelahan sel dan diferensiasi akar. Jenis-jenis auksin yang banyak digunakan dalam kultur *in vitro* adalah *indole-3-acetic acid* (IAA), *indole-3-butyric acid* (IBA), *naphtalene acetic acid* (NAA), *dichlorophenoxyacetic acid* (2,4-D), *4-amino-3,5,6-trichloropyridine-2-carbylic acid* (picloram), dan *3,6-dichloro-o-anisic acid* (dicamba). Sitokinin alami di dalam tanaman berperan dalam pembelahan sel, diferensiasi tunas, dan modifikasi dominansi apikal. Sedangkan di dalam kultur *in vitro* sitokinin berpengaruh terhadap pembelahan sel dan diferensiasi tunas adventif dari kalus dan organ. Diferensiasi seluler dan morfogenesis kultur *in vitro* dikendalikan oleh interaksi antara konsentrasi auksin dan sitokinin yang diberikan ke dalam medium kultur. Sitokinin sintetis yang banyak digunakan dalam kultur *in vitro* antara lain kinetin (*6-furfuril amino purin*), BAP (*benzyl amino purin*), dan thidiazuron (Manuhara, 2019).

BA (Benziladenin) merupakan salah satu sitokinin yang memiliki aktivitas lebih kuat dalam memacu penggandaan tunas dikarenakan mempunyai gugus Benzyl Lestari (2011) dalam (Saputri,2019). BAP telah banyak ditunjukkan oleh peneliti merupakan fitohormon terbaik untuk inisiasi dan multiplikasi tunas ubi kayu (Opabode *et al.*, 2017; Pita *et al.*, 2001; Onuoch and Onwubiku, 2007; Guohua, 1998; Trigiano and Gray, 2000; Roca, 1984) dalam Uwimana *et al.* (2022). Sedangkan TDZ merupakan sitokinin yang mampu meningkatkan biosintesis dan akumulasi turunan adenin endogen sehingga induksi pucuk lebih cepat dan tunas yang terbentuk lebih banyak.

Berdasarkan penelitian Fauzan (2021) yang menyatakan bahwa ZPT BAP berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar tunas ubi kayu varietas Gajah. Dalam penelitian

Sukmadjaja dan Widhiastuti (2011), menyatakan bahwa BA tunggal 1 mg/l menghasilkan jumlah tunas tertinggi pada klon Malang-6 sebanyak 4,20 tunas, interaksi BA 1 dan TDZ 1 mg/l pada klon Darul Hidayah sebanyak 4,93 tunas, dan interaksi BA 1 dan TDZ 0,1 mg/l pada klon Adira-5 sebanyak 7,20 tunas. Dalam Penelitian Waro *et al.* (2020) menunjukkan bahwa media tanpa penambahan NAA dan dengan penambahan BA 1,0 – 3,0 mg/l mampu menginisiasi tunas baru ubi kayu paling cepat sekitar 7-10 hari.

2.5 Polyvinylpyrrolidone (PVP)

Dalam kultur jaringan sering kali terjadi *browning* atau pencoklatan pada eksplan. Pencoklatan tersebut disebabkan oleh akumulasi senyawa polifenol oksidase yang dilepas atau disintesis jaringan dalam kondisi teroksidasi ketika sel dilukai. Jaringan yang diisolasi menjadi berwarna coklat dan atau kehitaman serta gagal tumbuh. Pencoklatan pada kultur jaringan dapat dihindari dengan beberapa cara, antara lain menghilangkan produksi senyawa fenol, modifikasi potensial redoks, penghambatan aktivasi enzim fenol oksidase, penurunan aktivitas fenolase, dan ketersediaan substrat. Cara-cara tersebut dalam praktiknya seringkali dilakukan sebelum perlakuan terhadap eksplan, antara lain dengan cara merendam atau ditambah pada media dasar.

Untuk menekan terjadinya proses oksidasi yang dapat menyebabkan pencoklatan pada eksplan, dapat dilakukan dengan cara pemberian senyawa-senyawa antioksidan yang salah satunya adalah bahan aktif PVP. Menurut Zhou *et al.* (2010), PVP merupakan adsorban yang bersifat spesifik menyerap senyawa fenol. Bahan aktif PVP yang digunakan dicampur ke dalam media dasar pre-kondisi (MS0). Roostika *et al.* (2015) melaporkan bahwa PVP berpengaruh terhadap pertumbuhan, regenerasi tunas, serta jumlah tunas meristem tebu klon PS864. Hal itu ditunjukkan pada hasil penelitiannya yaitu kombinasi perlakuan PVP 300 mg/l dan DIECA 20 mg/l memberikan respon terbaik persentase hidup dan daya regenerasi eksplan yang tertinggi yaitu 100% dengan jumlah tunas 3,8 tunas per eksplan pada umur 10 mst. Meskipun begitu, pada perlakuan PVP 100 mg/l sudah

mampu memberikan pengaruh yang sangat baik terhadap persentase eksplan hidup 100 % pada 1-5 mst, daya regenerasi 67% pada umur 7 mst, dan jumlah tunas 1,5 pada umur 10 mst.

2.6 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap akhir dalam teknik perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan. Aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan kultur *in vitro* ke lingkungan *ex vitro*, baik secara fisiologi maupun morfologi. Planlet hasil kultur jaringan masih bersifat heterotrof sehingga perlu dilakukan adaptasi ke lingkungan luar agar mampu memproduksi makanannya sendiri (autotrof) seperti karbon dan nitrogen. Menurut George (1993) dalam Sulistiani dan Yani (2012) menyatakan bahwa perubahan sifat tersebut bisa terjadi setelah beberapa hari tanaman ditanam pada lingkungan *ex vitro*.

Pada kondisi *in vitro*, biasanya tunas tidak dapat membentuk lapisan lilin secara normal. Hal itu dikarenakan kondisi lingkungan *in vitro* memiliki kelembaban yang sangat tinggi yaitu mencapai 98-99%. Hal itu menyebabkan jumlah lapisan lilin yang tidak normal, Sehingga daun lebih mudah dehidrasi atau kering saat dikeluarkan dari botol kultur. Oleh sebab itu perlu dilakukan proses aklimatisasi dengan hati-hati, terutama pada saat menurunkan kelembaban udara harus dilakukan secara berkala (Sulistiani dan Yani, 2012).

Adaptasi planlet saat aklimatisasi yaitu meliputi penyesuaian dari kondisi kelembaban udara tinggi ke kondisi lingkungan udara rendah. Perbaikan fungsi akar untuk menyerap unsur hara dari media non agar, seperti tanah. Memaksimalkan proses fotosintesis melalui perbaikan struktur daun menjadi lebih lebar dan pembentukan kloroplas yang lebih baik, sehingga planlet yang heterotropik dapat berubah menjadi autotropik. Serta beradaptasi dari lingkungan steril ke lingkungan yang terdapat mikroorganismenya.

Dalam proses aklimatisasi terdapat faktor yang dapat mempengaruhi persentase hidup aklimatisasi, yaitu kondisi planlet yang seragam dan hijau, media tanam yang tepat, kebersihan ruang inkubasi, kemampuan adaptasi planlet yang baik, serta perawatan tanaman yang intensif merupakan faktor yang sangat perlu diperhatikan. Hasil penelitian Supatmi *et al.* (2018) menunjukkan bahwa persentase hidup tanaman aklimatisasi semakin menurun dari 40 tanaman (minggu ke-8) menjadi 28 tanaman (minggu ke 11), diduga karena serangan penyakit serta kekurangan unsur hara dalam *polybag*. Kemudian hasil penelitian dari Ogero *et al.* (2012) menunjukkan bahwa media tanam berpengaruh terhadap persentase keberhasilan planlet. Media vermiculite menunjukkan persentase hidup tanaman aklimatisasi ubi kayu tertinggi pada varietas KME 1 dan Muchericheri yaitu sebesar 80 dan 81%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan. Percobaan pertama yaitu perbanyakan tunas ubi kayu klon UJ-5 secara *in vitro*. Percobaan kedua yaitu pengamatan pertumbuhan tanaman ubi kayu klon UJ-5 hasil perbanyakan *in vitro* di lapang.

3.1 Perbanyakan Tunas Ubi Kayu UJ-5 Secara *In Vitro*

3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2022 – Januari 2023.

3.1.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol kultur, autoklaf, plastik, karet gelang, gelas beaker, gelas ukur, pipet tetes, pH meter, panci, kompor gas, *magnetic stirrer*, label, alat diseksi (pinset, scalpel, blade) ubin atau keramik, kapas, bunsen, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), alat tulis dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ubi kayu klon UJ-5, bayclin (5,25% NaClO), detergen, air, aquades, spritus, *Polyvinilpyrrolidone* (PVP), Benziladenin (BA), Thidiazuron (TDZ), *Indol Butiric Acid* (IBA), stok hara makro, stok hara mikro (mikro A, mikro B, Fe-EDTA, mio-inositol, dan CaCl₂), stok vitamin MS, sukrosa, agar-agar, larutan KOH dan HCl.

3.1.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang terdiri atas 2 faktor. Faktor pertama yaitu ZPT benziladenin dengan 4 taraf konsentrasi 0, 0,1, 1, dan 3 mg/l. Faktor kedua yaitu ZPT thidiazuron dengan 3 taraf konsentrasi 0, 0,1, dan 1 mg/l. Penelitian ini terdiri atas 12 kombinasi perlakuan, dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh sebanyak 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas 3 botol kultur dan masing-masing botol berisi satu eksplan, sehingga jumlah total eksplan sebanyak 108 eksplan. Data pengamatan yang diperoleh dilakukan uji homogenitas menggunakan uji Bartlett, kemudian dianalisis dan diolah menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji pemisahan nilai tengah menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 5%.

3.1.4 Pelaksanaan Penelitian

3.1.4.1 Sterilisasi Alat

Sebelum dilakukan penanaman di laboratorium, alat tanam perlu disterilisasi terlebih dahulu. Alat- alat yang disterilisasi adalah botol kultur, pinset, ubin, kapas dan gagang skalpel. Cara sterilisasi botol kultur yaitu botol kultur yang terkontaminasi dimasukkan dan disusun ke dalam keranjang autoklaf, kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf untuk disterilisasi pada suhu 121° C selama 2 jam. Selanjutnya botol direndam dalam larutan detergen dan bayclin selama 24 jam, kemudian dicuci dengan sabun cair. Setelah itu botol ditutup dengan plastik dan diautoklaf kembali pada suhu 121° C selama 30 menit. Adapun cara sterilisasi alat diseksi seperti pinset, ubin, dan gagang skalpel dibungkus dengan kertas dan plastik kemudian diautoklaf pada suhu 121° C selama 30 menit.

3.1.4.2 Pembuatan Media Kultur

Media kultur yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 4 media dengan media dasar yang sama yaitu media Murashige and Skoog (1962) atau MS0. Media pertama sampai media keempat berturut-turut yaitu terdiri dari media *pre-kondisi* (MS0), media PVP (MS+PVP 100 mg/l), media multiplikasi tunas (perlakuan), dan media pengakaran (MS0 dan MS+IBA 0,1 mg/l). Komposisi media dasar MS0 dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembuatan media kultur dilakukan dengan cara melarutkan semua garam-garam MS yang sudah dibuat menjadi stok-stok larutan ke dalam gelas beaker menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen. Stok larutan garam MS terdiri atas stok makro, stok mikro A, stok mikro B, stok Fe EDTA, stok vitamin MS, stok CaCl₂, dan stok mio-inositol. Kemudian ditambah juga dengan bahan lain seperti sukrosa (gula pasir) 30 gram, bahan aktif PVP 100 mg/l (untuk media PVP), benziladenin dan thidiazuron (untuk media multiplikasi tunas), IBA 0,1 mg/l (untuk media pengakaran), serta aquades sebagai pelarut bahan media.

Setelah bahan-bahan tersebut homogen, selanjutnya larutan tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur dan ditambahkan aquades sampai volume larutan menjadi 1 liter. Kemudian larutan dimasukkan kembali ke dalam gelas beaker untuk dihomogenkan kembali dan diukur pH sampai pH 5,8 dengan cara menambahkan larutan KOH 1 N untuk menaikkan pH dan atau ditambahkan larutan HCL 1 N untuk menurunkan pH.

Setelah pH mencapai 5,8, larutan media dimasukkan ke dalam panci dan ditambahkan juga bubuk agar-agar sebanyak 7 gram. Kemudian larutan media dimasak menggunakan kompor hingga mendidih. Larutan media yang sudah matang, diangkat lalu dituangkan ke dalam botol kultur sebanyak ±30 ml/botol. Selanjutnya masing-masing botol media diberi label sesuai nama medianya yaitu MS0 untuk media *pre-kondisi*, PVP untuk media PVP, BA+TDZ dengan beberapa konsentrasi untuk media multiplikasi tunas, dan MS0 dan MS+IBA 0,1 mg/l

untuk media pengakaran. Setelah itu media disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

Tabel 1. Komposisi media MS (Murashige dan Skoog, 1962)

Komponen media	Konsentrasi dalam media MS (mg/l)	Konsentrasi dalam larutan stok (mg/l)	Vol larutan stok per liter media (ml)
Stok Makro (10x)	-	-	100 ml
NH ₄ NO ₃	1650	16500	-
KNO ₃	1900	19000	-
MgSO ₄ .7H ₂ O	370	3700	-
KH ₂ PO ₄	170	1700	-
Stok Mikro A (100x)	-	-	10 ml
H ₃ BO ₃	6,2	620	-
MnSO ₄ .H ₂ O	16,9	1690	-
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,6	860	-
Stok Mikro B (100x)	-	-	10 ml
KI	0,83	830	-
Na ₂ MoO ₄ .7H ₂ O	0,25	250	-
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,025	25	-
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,025	25	-
Stok CaCl ₂ (100x)	-	-	10 ml
CaCl ₂ .2H ₂ O	440	44000	-
Stok Fe (100x)	-	-	10 ml
FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8	2780	-
Na ₂ EDTA	37,5	3730	-
Stok Vitamin MS (100x)	-	-	10 ml
Tiamin-HCl	0,1	10	-
Piridoksin-HCl	0,5	50	-
Asam Nikotinat	0,5	50	-
Glisin	2	200	-
Stok Mio-Inositol (10x)	-	-	100 ml
Mio Inositol	100	1000	-

a. Media *Pre-kondisi*

Media *pre-kondisi* merupakan media awal yang digunakan untuk menanam tunas ubi kayu sebelum ditanam ke media PVP. Media ini bertujuan untuk mendapatkan tanaman steril yang akan digunakan sebagai sumber eksplan pada media

multiplikasi tunas. Media *pre*-kondisi yang digunakan yaitu media dasar Murashige and Skoog (1962) tanpa penambahan ZPT.

b. Media Polyvinylpyrrolidone (PVP)

Media PVP merupakan media dasar MS yang ditambah dengan bahan aktif PVP sebanyak 100 mg/l. Media PVP digunakan untuk mengurangi efek *browning* atau pencoklatan pada eksplan.

c. Media Multiplikasi Tunas

Media multiplikasi tunas adalah media yang digunakan untuk induksi perbanyak tunas ubi kayu setelah di media PVP. Media ini berisi media dasar MS0 yang ditambah dengan ZPT BA dan TDZ dengan beberapa taraf konsentrasi sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. BA 0 mg/l+Thidiazuron 0 mg/l | 7. BA 1 mg/l+Thidiazuron 0 mg/l |
| 2. BA 0 mg/l+Thidiazuron 0,1 mg/l | 8. BA 1 mg/l+Thidiazuron 0,1 mg/l |
| 3. BA 0 mg/l+Thidiazuron 1 mg/l | 9. BA 1 mg/l+Thidiazuron 1 mg/l |
| 4. BA 0,1 mg/l+Thidiazuron 0 mg/l | 10. BA 3 mg/l+Thidiazuron 0 mg/l |
| 5. BA 0,1 mg/l+Thidiazuron 0,1 mg/l | 11. BA 3 mg/l+Thidiazuron 0,1 mg/l |
| 6. BA 0,1 mg/l+Thidiazuron 1 mg/l | 12. BA 3 mg/l+Thidiazuron 1 mg/l |

d. Media Pengakaran

Media pengakaran adalah media yang digunakan untuk pindah tanam tunas setelah ditanam di media multiplikasi tunas. Media pengakaran bertujuan untuk mengakarkan tunas sehingga dapat menjadi tanaman utuh (planlet). Media pengakaran yang digunakan yaitu media dasar MS0 dan media MS+IBA 0,1 mg/l.

3.1.4.3 Persiapan eksplan

Eksplan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tunas dari planlet steril yang terdapat di laboratorium kultur jaringan tanaman. Penelitian ini membutuhkan eksplan sebanyak 108 eksplan yang berupa 1 tunas dengan 1 buku. Untuk memenuhi kebutuhan eksplan tersebut, maka dilakukan subkultur tunas ubi kayu pada media Murashige dan Skoog (1962). Tujuan dilakukannya subkultur tunas ubi kayu pada tahapan ini yaitu untuk memperbanyak jumlah buku tanaman sebagai bahan tanam untuk media perlakuan.

Tunas ubi kayu steril dipotong per satu buku berukuran $\pm 1-2$ cm dan ditanam dengan posisi tegak. Kemudian eksplan disubkultur pada media *pre*-kondisi MSO sebanyak 40 botol dengan masing-masing botol media berisi 3 eksplan, sehingga diperoleh 120 tunas. Eksplan yang ditanam berasal dari batang tunas yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda (berada di antara 3 buku tunas bawah sampai buku tunas teratas sebelum pucuk tunas). Eksplan yang sudah dikulturkan diberi label tanggal penanaman dan nama klon. Kemudian eksplan disimpan dalam ruang inkubasi dengan pencahayaan penuh lampu *flourescent* pada suhu $25 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 2 bulan.

3.1.4.4 Penanaman Tunas di Media *Polyvinylpyrrolidone* (PVP)

Tunas ubi kayu yang sudah diinkubasi selama 2 bulan pada media *pre*-kondisi kemudian dilakukan subkultur ke media PVP. Tunas ubi kayu dipotong per satu buku berukuran $\pm 1-2$ cm dengan posisi mata tunas di tengah buku batang dan ditanam dengan posisi horizontal pada media PVP. Tunas yang ditanam merupakan tunas yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda. Buku tunas yang diambil berasal dari buku ketiga dari bawah batang sampai buku tunas teratas sebelum pucuk tunas. Kemudian tunas yang sudah ditanam ke dalam media PVP diberi label tanggal tanam dan nama klon pada botol kultur. Selanjutnya kultur diinkubasi dalam ruang kultur dengan pencahayaan penuh lampu *flourescent* pada suhu $25 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 2 minggu.

3.1.4.5 Penanaman Tunas di Media Multiplikasi Tunas

Tunas ubi kayu yang ditanam dalam media multiplikasi tunas adalah tunas yang sudah ditanam dan diinkubasi pada media PVP selama 2 minggu. Tunas yang berasal dari media PVP dipindah tanam ke 12 kombinasi media multiplikasi tunas dengan masing-masing botol pada setiap ulangan berisi 1 tunas. Tunas ubi kayu dipilih yang tingginya seragam yaitu sekitar 1- 2 cm. Kemudian tunas yang sudah ditanam di media multiplikasi tunas diberi label tanggal tanam dan nama klon pada botol kultur. Selanjutnya tunas diinkubasi dalam ruang kultur dengan pencahayaan penuh lampu *flourescent* pada suhu $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 6 minggu dan dilakukan subkultur pada umur 3 mst.

3.1.4.6 Penanaman Tunas di Media Pengakaran

Tunas ubi kayu yang ditanam pada media pengakaran merupakan tunas yang sudah ditanam pada media multiplikasi tunas selama 6 mst. Tunas ditanam pada media pengakaran MS0 dan MS+IBA 0,1 mg/l. Tujuan dilakukannya subkultur tunas ke media pengakaran adalah untuk menginduksi akar, sehingga didapatkan kultur yang lengkap (planlet). Masing-masing tunas dari media multiplikasi tunas ditanam pada media pengakaran dengan memotong pada pangkal tunas. Tunas yang ditanam yaitu tunas yang memiliki tinggi ± 2 cm dan memiliki 2-4 helai daun. Selanjutnya tunas diinkubasi dalam ruang kultur dengan pencahayaan penuh lampu *flourescent* pada suhu $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 3 mst.

3.1.4.7 Variabel Pengamatan

Pengamatan tunas ubi kayu UJ-5 *in vitro* pada penelitian ini dilakukan pada beberapa variabel pengamatan sebagai berikut:

1. Pertambahan tinggi tunas (cm)

Pertambahan tinggi tunas diamati dan diukur pada umur 6 mst di media multiplikasi tunas.

Pertambahan tinggi tunas = Tinggi tunas pada umur 6 mst- tinggi tunas awal tanam di media multiplikasi tunas

2. Jumlah tunas

Jumlah tunas diamati pada umur 6 mst di media multiplikasi tunas.

3. Jumlah daun hijau

Jumlah daun hijau diamati pada umur 6 mst di media multiplikasi tunas. Daun yang dihitung adalah daun yang berwarna hijau dan terbuka sempurna.

4. Jumlah daun gugur

Jumlah daun gugur diamati pada umur 6 mst di media multiplikasi tunas. Daun gugur yang diamati yaitu daun yang berwarna putih dan daun yang jatuh di atas permukaan media.

5. Persentase tunas berakar (%)

Persentase tunas berakar diamati pada saat tunas berumur 3 mst di media pengakaran. Persentase tunas berakar dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ tunas berakar} = \frac{\text{Jumlah tunas berakar}}{\text{Total tunas}} \times 100$$

6. Jumlah akar

Jumlah akar tanaman ubi kayu diamati pada umur 3 mst di media pengakaran.

3.2 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu UJ-5 di Lapang

3.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah kaca dan Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2023 – Mei 2023.

3.2.2 Alat dan Bahan

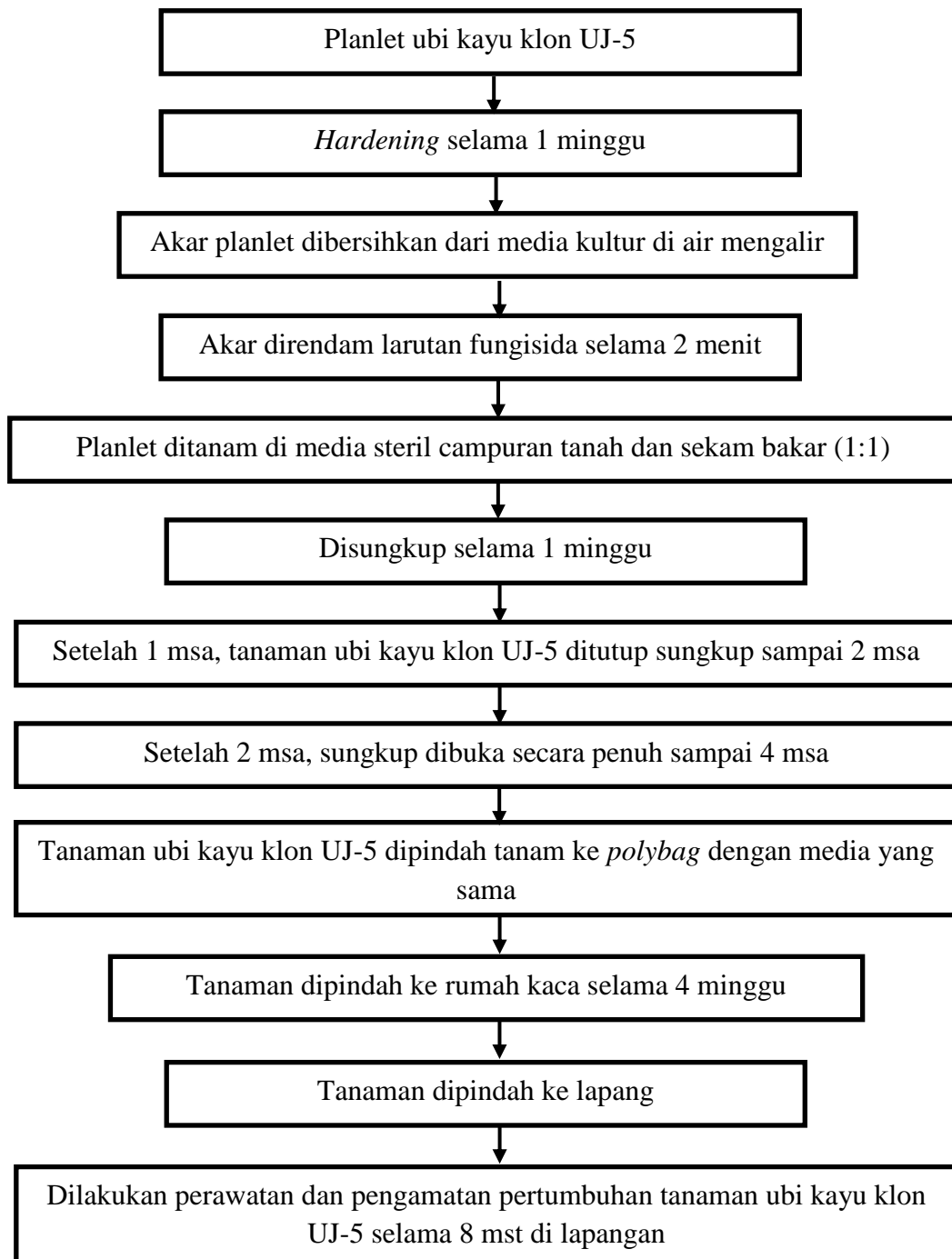
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cangkul, meteran, dan jangka sorong. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *cup* plastik, *polybag*, plastik sungkup transparan, fungisida, media tanam tanah dan sekam bakar (1:1), pupuk NPK 16:16:16, pupuk urea, dan pupuk *growmore* 32:10:10.

3.2.3 Pelaksanaan Penelitian

3.2.3.1 Aklimatisasi Planlet

Planlet ubi kayu yang telah diinkubasi di media pengakaran selama 3 minggu dilakukan *hardening* selama 1 minggu. Setelah proses *hardening* selesai, planlet ubi kayu *in vitro* dikeluarkan dari dalam botol, kemudian akar dibersihkan dari media yang menempel di bawah air mengalir. Akar planlet yang telah dibersihkan dari media, direndam di dalam larutan fungisida selama 2 menit. Setelah itu planlet ditanam ke dalam *cup* plastik kecil yang berisi media tanam campuran tanah dan sekam bakar (1:1) yang telah disterilisasi menggunakan autoklaf. Planlet diaklimatisasi di *cup* plastik kecil dan disungkup plastik transparan selama 1 minggu. Setelah 1 msa (minggu setelah aklimatisasi), dilakukan buka tutup sungkup tanaman selama 1 minggu (sampai 2 msa). Setelah 2 msa, sungkup dibuka secara penuh selama 2 minggu sampai tanaman berumur 4 msa. Kemudian pada 4 msa, tanaman dipindah tanam ke media steril yang baru pada *polybag* yang berisi media campuran tanah dan sekam bakar dengan perbandingan 1:1.

Tanaman ubi kayu klon UJ-5 yang telah dipindah ke dalam *polybag*, dipindah ke rumah kaca selama 4 minggu. Pemindahan tanaman ke rumah kaca merupakan salah tahapan untuk mengadaptasikan tanaman ubi kayu *in vitro* sebelum dipindah ke lapang. Total waktu aklimatisasi sampai sebelum pindah ke lapang yaitu 8 minggu. Setelah 4 minggu berada di rumah kaca, tanaman ubi kayu dilakukan pindah tanam ke lapang selama 8 minggu untuk diamati pertumbuhannya di lapang. Tahap aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir tahap aklimatisasi planlet ubi kayu klon UJ-5 hingga pengamatan bibit di lapangan

3.2.3.2 Pengolahan Lahan dan Pembuatan Guludan

Pengolahan lahan dimulai dengan membalik dan menghancurkan tanah menggunakan cangkul sampai remah. Kemudian tanah yang sudah remah dibuat

menjadi guludan. Guludan ditambahkan pupuk kandang ayam dengan dosis 20 ton/ha. Guludan yang telah dicampur dengan pupuk diberakan selama 5 hari.

3.2.3.3 Penanaman Tanaman di Lapang

Tanaman ubi kayu ditanam di setiap guludan dengan jarak tanam 70x70 cm.

Tanaman ditanam tanpa dipisahkan dari media tanam yang berasal dari *polybag*.

3.2.3.4 Pemeliharaan Tanaman

Tanaman ubi kayu dilakukan penyiraman secara berkala setiap pagi atau sore hari pada umur 1-7 hst. Kemudian dilakukan pemupukan setiap minggu sampai umur 6 mst di lapang menggunakan pupuk daun Growmore 32:10:10, pupuk NPK 16:16:16, dan pupuk urea 46%. Dosis yang diberikan dari masing-masing pupuk yaitu 400-500 ml per-tanaman dari larutan yang mengandung 2 gram/l pupuk daun, 5 gram pupuk NPK dan pupuk urea. Pemupukan dilakukan pada umur tanaman 1 sampai 5 mst. Kemudian pada umur 6 mst, dilakukan pemupukan kembali menggunakan NPK dan Urea sebanyak 3 gram per tanaman. Pemberian pupuk Growmore dilakukan dengan cara dikocor pada setiap tanaman, sedangkan NPK dan Urea dilakukan dengan cara dibenamkan di sekeliling tajuk tanaman.

3.2.3.5 Variabel Pengamatan

Pengamatan tanaman ubi kayu kon UJ-5 di lapang pada penelitian ini dilakukan pada beberapa variabel pengamatan sebagai berikut:

1. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman ubi kayu klon UJ-5 di lapang diamati dan diukur pada umur 8 mst (minggu setelah tanam). Pengukuran tinggi tanaman diukur dari atas permukaan tanah sampai ke titik tumbuh.

2. Jumlah daun

Jumlah daun diamati dan dihitung pada umur 8 mst. Daun yang dihitung merupakan daun yang berwarna hijau dan sudah terbuka sempurna.

3. Jumlah cabang

Jumlah cabang diamati dan dihitung pada umur 8 mst. Cabang yang dihitung adalah semua cabang aksilar beserta batang utama.

4. Diameter batang (cm)

Diameter batang diamati dan diukur pada 8 mst. Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong. Batang yang diukur berada pada 5 cm dari atas permukaan tanah.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Media perlakuan BA 1 mg/l+TDZ 0,1 mg/l memberikan respon terbaik terhadap variabel jumlah tunas sebesar 3,33 tunas pada umur 6 mst. Media MS0 tanpa tambahan ZPT menghasilkan respon terbaik terhadap variabel pertambahan tinggi tunas sebesar 6,6 cm dan jumlah daun hijau sebanyak 4,81 helai daun. Serta jumlah daun gugur terendah terdapat pada media BA 3 mg/l+TDZ 0 mg/l sebesar 1,81 helai daun.
2. Terdapat interaksi antara benziladenin dengan thidiazuron terhadap variabel pertambahan tinggi tunas pada konsentrasi BA 0 mg/l dan TDZ 0 mg/l dan jumlah tunas ubi kayu klon UJ-5 pada interaksi BA 1 mg/l dan TDZ 0,1 mg/l.
3. Persentase hidup tanaman aklimatisasi planlet ubi kayu yang berasal dari media MS0 (45,5 %) dan MS+IBA 0,1 mg/l (38%) dari 51 total planlet yang diaklimatisasi. Sementara persentase hidup tanaman ubi kayu di lapang yang berasal dari media MS0 (75%) dan media MS+IBA 0,1 mg/l (83,3%) dari 10 tanaman yang ditanam di lapang. Perawatan tanaman yang intensif serta kemampuan adaptasi planlet yang tinggi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan tanaman aklimatisasi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan jenis dan ZPT yang berbeda, dan pada saat

pemindahan tunas ke media perlakuan perlu dilakukan pemotongan kalus pada pangkal tunas agar tidak menghambat pertumbuhan tunas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Alla, N.A., Ragab, M.E., El-Miniawy, S.E.M. Taha, H.S. 2013. In vitro studies on cassava plant micropropagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Appl. Sci. Res*, 9: 811-820.
- Aicha, N., Rachida, T. C., Abdelmalek, EL. M. 2013. Micropropagation of *Thymus satureioides* Coss. an endangered medicinal plant of Morocco. *Journal of Agricultural Technology*, 9(2): 487-501.
- Amalia, D. 2020. *Multiplikasi Subkultur Tunas Delima Hitam (Punica Granatum L.) Menggunakan Asam Amino Glutamin Secara In Vitro*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Anny. 2020. *Pengenalan perbanyakan tanaman pisang dengan teknik kultur jaringan in vitro*. <https://pertanian.jogjakota.go.id/detail/index/12918>. Diakses pada 26 Januari 2023.
- Ardian, Kresna dan Agustiansyah. 2011. Pengaruh berbagai konsentrasi benzil adenin dan asam naftalen asetat pada kultur *in vitro* singkong (*Manihot esculenta* Crantz.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 12(1): 43–49.
- Ariani, R., Anggraito, Y.U., Rahayu, E. S. 2016. Respon pembentukan kalus koro benguk (*Mucuna pruriens* L.) pada berbagai konsentrasi 2,4-d dan bap. *Jurnal MIPA*, 39(1): 20-28.
- Baday, S.J.S. 2018. Plant Tissue Culture. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 4(4): 977-990.
- Bargumono. 2012. *Budidaya Tanaman Singkong*. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Berhanu, R. 2011. *Factors Influencing Micropropagation and Somatic Embryogenesis of Two, Kello and Qulle, Cassava Varieties*. Thesis. Addis Ababa University. Ethiopia.
- Beyene, D., Feyissa, T., Bedada, G. 2010. Micropropagation of selected cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties through meristem culture. *Ethiopian J. Biol Sci.*, 9(2).

- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2022. Rata-Rata Suhu Udara. <https://lampung.bps.go.id/indicator/151/238/1/rata-rata-suhu-udara.html>. Diakses pada 22 November 2023.
- Demeke, Y., Tefera, W., Dechassa, N., Abebie, B. 2014. Effects of plant growth regulators on in vitro cultured nodal explants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clones. *African Journal of Biotechnology*, 13(28): 2830-2839.
- Dwiyani, R. 2015. *Kultur Jaringan Tanaman*. Pelawa Sari. Denpasar Barat.
- Fauzan, M., Nirmala, R., Sunaryo, W., Pujowati, P. 2021. Induksi multiplikasi ubi kayu var. gajah (*Manihot esculenta* Crantz) melalui kultur jaringan dengan zat pengatur tumbuh BAP dan NAA. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(2): 79-85.
- Feyisa, A.S. 2021. Protocol optimization for rapid multiplication of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) using nodal segment. *Agricultural Science Digest*, 1-7.
- Hapsoro, D. dan Yusnita. 2018. *Kultur Jaringan-Teori dan Praktik*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Hartati, T. M., Roini, C., Rodianawati, I. 2021. Growth responsse of local cassava to cutting models and the number of buds. *Caraka Tani Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2): 379–391.
- Hartati, T. M., Roini, C., Rodianawati, I. 2022. Upaya meningkatkan hasil tanaman ubi kayu varietas lokal maluku utara. *Jurnal Pertanian Khairun*, 1(1):36-43.
- Hartanti, F., Miftahudin, Hartati, N.S. 2019. Keragaman morfologi dan molekuler ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil perbanyakan *in vitro*. *Jurnal Bioteknologi da Biosains Indonesia*, 6(2): 288-300.
- Hutami, F. D. dan Harijono. 2014. Penurunan kadar sianida pada pengolahan tepung ubi kayu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(4): 220-230.
- Kartiman, R., Sukma, D., Aisyah, S.L., Purwito, A. 2018. Multiplikasi *in vitro* anggrek hitam (*Coelogyne pandurata* lindl.) pada perlakuan interaksi naa dan bap. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 5(1): 75-87.
- Kementerian Pertanian. 2019. Varietas UJ-5. <http://www.litbang.pertanian.go.id/varietas/373/>. Diakses pada 02 Februari 2023.
- Khumaida, N., dan Fauzi, A. R. 2013. Induksi tunas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) var. Adira 2 secara *in vitro*. *J. Agron. Indonesia*, 41(2): 133–139.

- Kim, K., Seo, J., Moon, J., Ogaadde, P., Girdthai, T. 2019. Physiological and ethylene accumulation responses of cassava under drought stress. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 346(1): 1-7.
- Kristanti, I., Habibah, M. A., Herlina, L. 2013. Optimalisasi konsentrasi 2,4-D, BA, dan lama penyinaran untuk memacu regenerasi tunas dari kalus kedelai. *Biosanintifika*, 5(1): 50-57.
- Kumari, K., Lal, M. Saxena, S. 2017. Enhanced micropropagation and tiller formation in sugarcane through pretreatment of explants with thidiazuron (TDZ). *Biotech*, 7(5): 282.
- Kurniawati, H. Y., Karyanto, A., Rugayah. 2015. Pengaruh pemberian pupuk organik cair dan dosis pupuk npk (15:15:15) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *J. Agrotek Tropika*, 3(1): 30-35.
- Laka, M. dan Wangge, E.S.A. 2018. Uji kandungan protein pada beberapa varietas umbi ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang dihasilkan di Desa Randotonda, Kecamatan Ende, Kabupaten Ende. *AGRICA*, 11(1): 43-50.
- Lestari, H. 2019. Kultur Jaringan.
<https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/fileupload/biologi%20kultur%20jaringan-bb/topik-2.html>. diakses pada 27b januari 2023.
- Manuhara, Y.S.W. 2019. *Induksi Kalus Tanaman Sambung Nyawa Secara In Vitro Yang Dipengaruhi Tipe Eksplan dan Zat Pengatur Tumbuh*.
<https://fst.unair.ac.id/induksi-kalus-tanaman-sambung-nyawa-secara-in-vitro-yang-dipengaruhi-tipe-eksplan-dan-zat-pengatur-tumbuh/>. Diakses pada 28 januari 2023.
- Mathew, D., Nehru, J., Botanical, T. 2014. Factors Affecting the *in vitro* Multiplication of the Endemic Zingiber *Curcuma haritha* Mangaly and Sabu. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(5): 847-853.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15: 473-497.
- Nugraha. H. D., Suryanto. A., dan Nugroho. A. 2015. Kajian potensi produktivitas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) di kabupaten Pati. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(8): 673 – 682.
- Nugroho, C. C., Khumaida, N., Ardie, S.W. 2016. Pertumbuhan tunas ubi kayu (*Manihot esculenta* rantz.) genotipe jame-jame secara *in vitro*. *Indonesian Journal of Agronomy*, 44(1): 40-46.

- Nugroho, C. C. 2017. Respon penggunaan media terhadap organogenesis tunas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) genotipe gajah secara *in vitro*. *Jurnal "Gerbang Etam" Balitbangda Kab. Kukar*, 11(2): 32-39.
- Noerwijati, K. 2015. Upaya modifikasi pati ubikayu melalui pemuliaan tanaman. *Buletin Palawija*, 13(1):92-100.
- Ogero, K. O., Mburugu, G. N., Mwangi, M., Ombori, O. 2012. In vitro micropropagation of cassava through low cost tissue culture. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 205-209.
- Ogero, K.O., N.M. Gitonga, M. Mwangi, O. Ombori, M. Ngugi. 2012. Cost-effective nutrient sources for tissue culture of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). *Afr. J. Biotechnol*, 11(66):12964-12973.
- Oktafiana, N., Umayyah, S., Ningtyas, W. N., Sugiharto, B. 2022. Regenerasi kalus embriogenik sorgum (*Sorghum bicolor*) menggunakan kombinasi zpt dan mikronutrien. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1): 54-61.
- Padafani, B.D.B. 2022. The effect of urea and kcl Fertilization on the growth and results of gogo rice of Situ Pateggang variety. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6): 3159–3164.
- Restiani, Roslim, D. I. Herman. 2014. Karakter morfologi ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hijau dari Kabupaten Pelalawan. *JOM FMIPA*, 1(2): 619-623.
- Roostika, I., Wati, R. P. D. L., Sukmadjaja, D. 2015. Pengaruh pvp dan dieca terhadap regenerasi meristem tebu. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 7(1): 9-14.
- Sa, J. F. De, Sampaio, S., Ines, M., Mendes, D. S. 2018. Culture media for the multiplication of wild *Manihot* species. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(6): 598– 607.
- Saputri, L. D., Isminingsih, S., Fatmawaty, A. A., Rachmawati, F. 2019. Morfogenesis anggrek (*Anoectochilus formosanus*) secara *in vitro*. *Jur. Agroekotek*, 1(1): 57 – 71.
- Saputro, J., Setiari, N., Nurchayati, Y., Izzati, M. 2020. Respon eksplan batang kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap perlakuan konsentrasi thidiazuron (tdz) pada media ms secara *in vitro*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 5(2): 147-156.
- Sessou, A.F., Kahia, J.W., Houngue, J.A., Ateka, E.M., Dadjo, C. and Ahanhanzo, C. 2020. In vitro propagation of three mosaic disease resistant cassava cultivars. *BMC Biotechnol*, 20(1): 1–13.

- Setiawati, E., Utomo, S. D., Nurmauli, N., Sunyoto. 2021. Deskripsi dan daya hasil 19 klon ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di kebun percobaan Unila, Natar, Lampung Selatan. *J. Agrotek Tropika*, 9(1): 121-128.
- Setyorini, T. dan Swandari, T. 2019. Induksi Kalus Kelapa Sawit pada Media MS dengan Modifikasi Hormon NAA dan BAP. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNSOED 2019*. Purwokerto, 3-4 September, hal.1-7.
- Shiji, R., George, J., Sunitha, S., Vandhanaand, A., Muthuraj, R. 2014. Effect of NAA and IBA on in vitro regeneration and hardening in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). *Journal of Root Crops*, 40(2): 12-20.
- Siagian, D. M., Simanihuruk, B.W., Gusmara, H. 2019. Waktu pemberian lumpur sawit dan dosis npk pada pertumbuhan dan hasil jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di ultisol. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(1): 27-31.
- Sinaga, A. O. Y., Indarwati, Asmuliani R, Pertiwi, E. D., Purwanti, S., Badaria, Herawati, J., Junairiah, Chusniasih, D., Sari, V. K. 2022. *Perbanyakan Tanaman*. Yayasan Kita Menulis.
- Singh, A. 2020. *Organogenesis In Plants*.
<https://www.plantcelltechnology.com/blog/organogenesis-in-plants/>.
 Diakses pada 27 Januari 2023.
- Sukmadjaja, D. dan Widhiastuti, H. 2011. Effects of plant growth regulators on shoot multiplication and root induction of cassava varieties *in vitro* culture. *BIOTROPIA*, 18(1): 50-60.
- Sulistiani, E. dan Yani, S. A. 2012. *Produksi Bibit Tanaman Dengan Menggunakan Teknik Kultur Jaringan*. Biotrop Seameo. Bogor.
- Supatmi, Rahman, N., Hartati, N. S. 2018. Induksi, multiplikasi dan pertumbuhan tunas ubi kayu (*Manihot esculenta* crantz) genotipe ubi kuning secara *in vitro*. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2): 191–200.
- Tumewu, P., Paruntu, C.P., Sondakh, T.D. 2015. Hasil ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Terhadap perbedaan jenis pupuk. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 2(2): 16-27.
- Utama, Y. A. K. dan Rukismono, M. 2018. *Singkong Man Vs Gadung Man*. Aseni. Mimika.
- Utomo, S. D., Nababan, E. M. V., Pramono, E. 2012. Pengaruh perlakuan fisik dan kimia terhadap kecepatan dan daya berkecambah benih botani ubi kayu f1 keturunan tetua betina uj 3. *Jurnal Agrotropika*, 17(2): 52-57.

- Utomo, S. D., Edy, A., Pujisiswanto, H., Yuliadi, E. 2020. Peningkatan pengetahuan petani dalam melakukan grafting ubi kayu sebagai batang atas dan singkong karet sebagai batang bawah dan inisiasi kebun bibit. *Jurnal Sinergi*, 1(12): 80-85.
- Uwimana, J., Sakha, M., Danga1., Gitari, H., Onyango, J.P.G. 2022. Involvement of plant growth regulators and varieties in the multiplication of cassava planting materials: a case study of rwanda. *International Journal of Bioresource Science*, 9(2): 163-172.
- Van der Eng, P. 1998. Cassava in Indonesia: A Historical Reappraisal of an Enigmatic Food Crop. *Southeast Asian Studies*, 36(1): 3–31.
- Walida, H., Harahap, D.E., dan Zuhirsyan, M. 2020. Pemberian pupuk kotoran ayam dalam upaya rehabilitasi tanah ultisol Desa Janji yang terdegradasi. *Jurnal Agrica Ekstensia*, 14(1):75-80.
- Waro, N. T., Astutik, Sumiati, A. 2020. Multiplikasi meristem ubi kayu (*Manihot esculenta*) dalam media murashige and skoog (MS) modifikasi NAA (naphthalene acetic acid) dan BA (benzyladenine). *Buana sains*, 20(2): 1221-130.
- Yelli, F., Ardian, Utomo, S. D. 2022. Pengaruh BA dan NAA terhadap multiplikasi tunas ubi kayu secara *in vitro*. *Jurnal Agro*, 9(2): 193-207.
- Yusnita. 2003. *Kultur Jaringan : Cara Memperbanyak Tanaman secara Efisien*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Yusnita. 2015. *Kultur Jaringan Tanaman Sebagai Teknik Penting Bioteknologi Untuk Menunjang Kemajuan Pembangunan Pertanian*. Aura Publishing. Bandar Lampung.
- Zhou, B., Wei, X., Wang, R., Jia, J. 2010. Quantification of the enzymatic browning and secondary metabolites in the callus culture system of *Nigella glandulifera* Freyn et Sint. *Asian Journal of Traditional Medicines*, 5(3): 109-116.
- Ziraluo, Y. P. B. 2021. Metode perbanyakan tanaman ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* Poiret) dengan teknik kultur jaringan atau stek planlet. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(3): 1037-1046.