

**TEKNIK PERKECAMBAHAN BENIH DAN PENGARUH
BENZILADENIN TERHADAP PERBANYAKAN DAN PERTUMBUHAN
EKSPLAN SATU BUKU UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)
SECARA *IN VITRO***

(Skripsi)

Oleh

BEKTI NINGSAPUTRI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

TEKNIK PERKECAMBAHAN BENIH DAN PENGARUH BENZILADENIN TERHADAP PERBANYAKAN DAN PERTUMBUHAN EKSPLAN SATU BUKU UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz) SECARA *IN VITRO*

Oleh

BEKTI NINGSAPUTRI

Penelitian dilakukan untuk mengetahui teknik perkecambahan benih dan pengaruh peningkatan konsentrasi BA terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku ubi kayu secara *in vitro*. Penelitian ini terdiri dari dua Percobaan.

Percobaan I : perkecambahan benih ubi kayu. Bahan tanam yang digunakan adalah benih botani F1 keturunan tetua betina genotipe SL-36, Mulyo, Malang, dan GM-1. Benih dikecambahkan dalam polybag dengan 4 jenis media, yaitu 1) sekam bakar, 2) sekam bakar + pasir (2:1), 3) kompos, dan 4) kompos + pasir (2:1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya berkecambah benih terbaik dihasilkan pada media kompos + pasir (2:1) yaitu 59,17%. Sedangkan daya berkecambah benih terbaik dihasilkan oleh F1 keturunan tetua betina genotipe Malang yaitu 60,83%. Percobaan II : perbanyakan eksplan tunas satu buku ubi kayu secara *in vitro*. Bahan tanam yang digunakan adalah eksplan satu buku ubi kayu hasil Percobaan I berumur 4 MST. Percobaan dilakukan dengan

menggunakan dua faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi BA (0; 0,5; 1,0; dan 1,5 mg/l) pada media dasar MS, faktor kedua yaitu genotipe ubi kayu. Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Keseragaman data diuji menggunakan uji Barlett, kemudian dilanjutkan analisis ragam dan pemisahan nilai tengah menggunakan uji BNT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi BA hingga 0,5 mg/l menghasilkan jumlah buku dan daun terbanyak yaitu 5,56 buku per eksplan dan 4,75 daun per eksplan. Jumlah tunas terbanyak dihasilkan pada media dengan penambahan BA 1 mg/l yaitu 1,06 tunas per eksplan, sedangkan pada media tanpa penambahan BA menghasilkan tinggi tunas terbaik yaitu 2,95 cm per eksplan. Genotipe eksplan dalam percobaan ini berpengaruh terhadap jumlah daun, yaitu genotipe GM-1 yang menghasilkan jumlah daun sebanyak 4,81 daun per eksplan. Sedangkan untuk tinggi tunas, jumlah buku dan jumlah tunas tidak dipengaruhi oleh genotipe.

Kata kunci : Benziladenin (BA), eksplan buku, *in vitro*, perbanyakan, perkecambahan, ubi kayu.

**TEKNIK PERKECAMBAHAN BENIH DAN PENGARUH
BENZILADENIN TERHADAP PERBANYAKAN DAN PERTUMBUHAN
EKSPLAN SATU BUKU UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)
SECARA IN VITRO**

Oleh

BEKTI NINGSAPUTRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

**Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Penelitian : TEKNIK PERKECAMBAHAN BENIH DAN
PENGARUH BENZILADENIN TERHADAP
PERBANYAKAN DAN PERTUMBUHAN
EKSPLAN SATU BUKU UBI KAYU (*Manihot
esculenta* Crantz.) SECARA *IN VITRO*

Nama Mahasiswa : Bkti Ningsaputri

Nomor Pokok Mahasiswa : 1414121045

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Akari Edy, S.P., M.Si.
NIP 197107012003121001



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

2. Ketua Program Studi Agroteknologi



Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

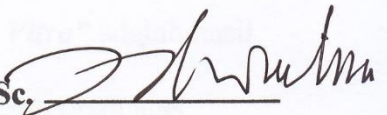
1. Tim Penguji
Ketua

: **Akari Edy, S.P., M.Si.**



Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing: **Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.**





2. Dekan Fakultas Pertanian

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

NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 31 Juli 2018

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“Teknik Perkecambahan Benih dan Pengaruh Benziladenin terhadap Perbanyakan dan Pertumbuhan Eksplan Satu Buku Ubi Kayu (*Manihot Esculenta* Crantz.) Secara *In Vitro*”** adalah hasil karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut dengan plagiatisme.
2. Pembimbing penulisan skripsi ini berhak mempublikasikan seluruh isi skripsi ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2018
Pembuat Pernyataan,



Bekti Ningsaputri
NPM 1414121045

RIWAYAT PENULIS

Penulis dilahirkan di Sukanegara, Kecamatan Bangunrejo Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 30 Mei 1996. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sakhidi dan Ibu Ngatiyem. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Muhammadiyah 1 Sukanegara Lampung Tengah (2008). Kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Muhammadiyah 1 Bangunrejo Lampung Tengah (2011), dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Bangunrejo Lampung Tengah (2014). Pada tahun 2014, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Agroteknologi Konsentrasi Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis terdaftar sebagai penerima beasiswa Bidik Misi angkatan V.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Pujoasri, kecamatan Trimurjo kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2017. Tahun berikutnya penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Laboratorium Riset Kultur Jaringan Tanaman, di PT. Great Giant Food Lampung Tengah selama 30 hari kerja efektif. Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis tergabung dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Aroteknologi (PERMA AGT) sebagai anggota bidang

Pengabdian Masyarakat pada 2014-2015, dan bidang Pengembangan Minat dan Bakat pada 2015-2016. Selain itu, penulis juga berkesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Pengantar Budidaya Tanaman (2017-2018), Bioteknologi Pertanian (2017-2018), dan Biologi Pertanian II (2017-2018).

*"Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik
(untuk memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong)."
(HR. Muslim)*

*"Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah
untuk dirinya sendiri." (QS Al-Ankabut [29]: 6)*

*Allah SWT akan meninggikan orang-orang di antara kamu dan orang-orang
yang di berikan ilmu pengetahuan beberapa derajat
(QS Al-Mujaddalah : 11)*

Puji syukur atas semua nikmat yang telah Allah SWT berikan kepada

Penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,

Karya ini penulis persembahkan untuk mengungkapkan rasa kasih

sayang dan pengabdian penulis kepada mamah, papah, dan mba tercinta

atas pengorbanan, doa, dan kasih sayang yang telah beliau berikan selama ini.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji hanyalah milik Allah *Subhanahu wa Ta'alla* yang telah memberikan kelancaran dan petunjuknya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah memberi motivasi kepada Penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.S., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku Ketua Bidang Agronomi dan Hortikultura.
4. Bapak Ir. Sarno, M.S., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan dan nasehat selama penulis menempuh pendidikan.
5. Bapak Akari Edy, S.P. M.Si., selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, ilmu, waktu, dan saran yang diberikan selama Penulis melaksanakan penelitian hingga selesainya skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku Pembimbing Kedua atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, ilmu, waktu, dan saran yang telah diberikan selama Penulis melaksanakan penelitian hingga selesainya skripsi ini.

7. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku penguji bukan pembimbing atas segala saran, masukan, kritikan dan bimbingan guna menyempurnakan skripsi ini.
8. Keluarga besar Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Hayane A. Warganegara, S.P. M.Si., Husein H. Koto, Alifia R. Andarini, Agil Ikhsandi, Rahmadiyah, Deta Iktaria, Bimo N. Prabowo, Adi N. Prayogi, Dwi setiawan, dan Emi Yunida yang telah memberi bantuan, perhatian dan kerjasamanya.
9. Sahabat-sahabat penulis: Alvika Putri, Afrida Suryani, Asriani N. Habibah, Aditya Kuncahyo, Belgies Zafika, Agnes Ratnasari, Annisa A. Tulkhusna, Indah P. Asih, Hilda Maharani, dan Siti Komariah atas persahabatan, motivasi, bantuan, serta kebersamaannya.
10. Teman-teman, kakak dan adik di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung
11. Secara khusus Penulis menyampaikan terimakasih yang sangat besar kepada ibunda Ngatiyem, ayahanda Sakhidi, ayunda Atika Cicilia Julianti, dan A. Tejo Wibowo atas curahan kasih sayang, pendidikan moril dan materil dalam pendidikan Penulis.

Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* melimpahkan rahmat dan kasih sayang atas bantuan yang telah diberikan kepada Penulis. Penulis berharap skripsi ini memberikan manfaat bagi Penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2018
Penulis

Bekti Ningsaputri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran	5
1.4 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tanaman Ubi Kayu	9
2.2 Syarat Tumbuh Ubi Kayu.....	10
2.3 Perkecambahan Benih	11
2.4 Kultur Jaringan	12
2.4 ZPT	15
2.4 Benziladenin (BA).....	16
2.4 Kultur Jaringan Ubi Kayu	16
III. BAHAN DAN METODE	18
3.1 Percobaan I : Perkecambahan Benih Ubi Kayu	18
3.1.1 Bahan dan Alat	18
3.1.2 Metode Perkecambahan Benih	19

3.1.3 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.1.3.1 Penyiapan Media Tanam.....	19
3.1.3.2 Penanaman Benih.....	20
3.1.3.3 Variabel Pengamatan.....	20
3.2 Percobaan II : Perbanyak Eksplan Satu Buku Ubi Kayu secara <i>In Vitro</i>	20
3.2.1 Bahan dan Alat	20
3.2.2 Metode Penelitian.....	21
3.2.3 Pelaksanaan Penelitian	21
3.2.3.1 Sterilisasi Alat.....	21
3.2.3.2 Pembuatan Media	22
3.2.3.3 Persiapan Eksplan	23
3.2.3.4 Sterilisasi dan Penanaman Eksplan.....	24
3.2.3.5 Subkultur pada Media Perlakuan dan Pengakaran	25
3.2.3.6 Aklimatisasi <i>Plantlet</i>	25
3.2.3.7 Pengamatan	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Penelitian	29
4.1.1 Percobaan I : Perkecambahan Benih Ubi Kayu.....	29
4.1.2 Percobaan II : Perbanyak Eksplan Satu Buku Ubi Kayu secara <i>In Vitro</i>	31
4.1.2.1 Perkembangan Umum Kultur.....	31
4.1.2.2 Persentase Kontaminasi Eksplan.....	34
4.1.2.3 Persentase Eksplan Bertunas	34
4.1.2.4 Persentase Eksplan Berkalus	36

4.1.2.5 Persentase Eksplan Berakar.....	37
4.1.3 Rekapitulasi Analisis Data.....	39
4.1.3.1 Rata-rata Jumlah Buku	39
4.1.3.2 Rata-rata Tinggi Tunas	41
4.1.3.3 Rata-rata Jumlah Daun	43
4.1.3.4 Rata-rata Jumlah Tunas	45
4.1.4 Penampilan Visual Eksplan	46
4.1.5 Aklimatisasi <i>Plantlet</i>	48
4.2 Pembahasan.....	48
4.2.1 Percobaan I : Perkecambahan Benih Ubi Kayu.....	48
4.2.2 Percobaan II : Perbanyak Eksplan Satu Buku Ubi Kayu secara <i>In Vitro</i>	50
V. SIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Simpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	68
Tabel 4-28	69-79

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi hasil perkecambahan empat benih F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe ubi kayu pada 4 media perkecambahan berumur 2 MST	29
2. Persentase kontaminasi eksplan dari berbagai F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe ubi kayu pada media prekondisi berumur 4 MST	34
3. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh konsentrasi BA dan F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe ubi kayu pada perbanyakan dan pertumbuhan eksplan tunas satu buku ubi kayu pada umur 6 minggu setelah perlakuan (MSP).....	39
4. Formulasi media dasar MS (Murashige dan Skoog) dan pengelompokan senyawa dalam pembuatan larutan stok (Yusnita, 2003).....	69
5. Rata-rata jumlah buku per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	70
6. Hasil analisis ragam pada rata-rata jumlah buku per eksplan 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	70
7. Hasil pemisahan nilai tengah rata-rata jumlah buku per eksplan pada 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP menggunakan uji BNT 5%	71
8. Rata-rata tinggi tunas per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	71
9. Hasil analisis ragam pada rata-rata tinggi tunas per eksplan 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	72
10. Hasil pemisahan nilai tengah rata-rata tinggi tunas per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP menggunakan uji BNT 5%.....	72

Rata-rata jumlah daun per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	73
11. Hasil analisis ragam pada rata-rata jumlah daun per ekplan 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	73
12. Hasil pemisahan nilai tengah rata-rata jumlah daun per eksplan berdasarkan pengaruh konsentrasi BA terhadap 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP menggunakan uji BNT 5%	74
13. Hasil pemisahan nilai tengah rata-rata jumlah daun per eksplan berdasarkan 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP menggunakan uji BNT 5%	74
14. Rata-rata jumlah tunas per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	75
15. Hasil analisis ragam pada rata-rata jumlah tunas per ekplan 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	75
16. Hasil pemisahan nilai tengah rata-rata jumlah tunas per eksplan pada 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP menggunakan uji BNT 5%	76
17. Data hasil inisiasi eksplan ubi kayu F1 KTB genotipe SL-36 berumur 4 MST	76
18. Data hasil inisiasi eksplan ubi kayu F1 KTB genotipe Mulyo berumur 4 MST	76
19. Data hasil inisiasi eksplan ubi kayu F1 KTB genotipe Malang berumur 4 MST	77
20. Data hasil inisiasi eksplan ubi kayu F1 KTB genotipe GM-1 berumur 4 MST	77
21. Data persentase eksplan bertunas pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 1 MSP	78
22. Data persentase eksplan bertunas pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	78
23. Data persentase eksplan berakar pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 1 MSP	78
24. Data persentase eksplan berakar pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	78

25. Data persentase eksplan berkalus pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 1 MSP	78
26. Data persentase eksplan berkalus pada kultur <i>in vitro</i> 4 F1 KTB genotipe ubi kayu berumur 6 MSP	79
27. Data aklimatisasi <i>plantlet</i> berumur 2 MSA	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rumus bangun BA.....	16
2. Benih ubi kayu F1 keturunan tetua betina (KTB) (a) genotipe Mulyo (b) genotipe Malang (c) genotipe GM-1 (d) genotipe SL-36.....	18
3. Media perkecambahan (a) sekam bakar + pasir, (b) kompos, (c) kompos + pasir, dan (d) sekam bakar	19
4. Tanaman sumber eksplan berumur 4 MST	23
5. Sterilisasi dan penanaman eksplan (a) pemotongan daun pada eksplan, (b) sterilisasi dalam ruang persiapan menggunakan air mengalir, (c) sterilisasi dalam LAFC menggunakan desinfektan 20%, (d) pemotongan eksplan steril, dan (e) penanaman eksplan steril dalam media	24
6. Penampilan visual <i>seedling</i> ubi kayu berumur 2 MST (a) perkecambahan benih pada media sekam bakar, (b) perkecambahan (b) benih pada media kompos, (c) perkecambahan benih pada (c) media kompos + pasir (2:1), dan (d) perkecambahan benih pada media sekam bakar + pasir (2:1).....	30
7. Perkembangan eksplan pada media prekondisi (a) eksplan berumur 1 MST, dan (b) tunas aksilar pada 4 MST.	31
8. Perkembangan eksplan pada 1 MSP (a) kemunculan tunas pada media 0,5 mg/l BA, dan (b) pembentukan kalus pada media 1,5 mg/l BA.....	32
9. Subkultur pada media pengakaran (a) pemotongan eksplan hasil inkubasi dalam media perlakuan, (b) eksplan berumur 1 HSS, dan (c) eksplan berumur 4 MSS	33

10. Aklimatisasi <i>plantlet</i> (a) <i>plantlet</i> telah dikeluarkan dari botol dan dicuci bersih (b) <i>plantlet</i> ditanam dalam polybag dan ditutup plastik transparan (c) <i>plantlet</i> disungkup paranet dalam rumah kaca (d) <i>plantlet</i> berumur 2 minggu setelah aklimatisasi.	33
11. Persentase eksplan bertunas pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP	35
12. Eksplan tidak bertunas (a) eksplan berakar saja pada media MS 0, (b) eksplan berakar dan berkalus pada media MS + BA 0,5 mg/l, (c) eksplan berkalus pada media MS + BA 1 mg/l, (d) eksplan berkalus pada media MS + BA 1,5 mg/l.	35
13. Persentase eksplan berkalus pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP.	36
14. Eksplan berkalus (a) eksplan berkalus pada media MS + 0,5 mg/l BA (b) eksplan berkalus pada media MS + 1,0 mg/l BA (c) eksplan berkalus pada media MS + 1,5 mg/l BA.	37
15. Penampilan visual eksplan berumur 6 MSP (a) kalus tidak terbentuk pada media kontrol (MS 0) (b) kalus dan akar muncul pada media MS + 0,5 mg/l BA (c) kalus muncul pada media MS + 0,5 mg/l BA (d) kalus muncul pada media MS + 0,5 mg/l BA.	37
16. Persentase eksplan berakar pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP.....	38
17. Penampilan visual eksplan berakar (a) eksplan berakar pada media kontrol (MS 0), (b) eksplan berakar pada media BA 0,5 mg/l BA.	39
18. Rata-rata jumlah buku per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP (minggu setelah perlakuan) sebagai respon konsentrasi BA. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%	40
19. Laju peningkatan jumlah buku pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.) pada media MS dengan penambahan berbagai taraf konsentrasi BA.....	41
20. Rata-rata tinggi tunas per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP (minggu setelah perlakuan) sebagai respon terhadap konsentrasi BA. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.....	42

21. Rata-rata jumlah daun per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP (minggu setelah perlakuan) sebagai respon konsentrasi BA. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.	43
22. Rata-rata jumlah daun per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP (minggu setelah perlakuan) sebagai respon terhadap genotipe. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%	44
23. Rata-rata jumlah tunas per eksplan pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu berumur 6 MSP (minggu setelah perlakuan) sebagai respon terhadap konsentrasi BA. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.	45
24. Tunas muncul dari buku pada cabang utama	46
25. Penampilan visual F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe SL-36 berumur 6 MSP (a) media kontrol (MS 0) (b) media MS + 0,5 mg/l BA (c) media MS + 0,5 mg/l BA (d) media MS + 0,5 mg/l BA.....	47
26. Penampilan visual F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe Mulyo berumur 6 MSP (a) media kontrol (MS 0) (b) media MS + 0,5 mg/l BA (c) media MS + 0,5 mg/l BA (d) media MS + 0,5 mg/l BA.....	47
27. Penampilan visual F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe Malang berumur 6 MSP (a) media kontrol (MS 0) (b) media MS + 0,5 mg/l BA (c) media MS + 0,5 mg/l BA (d) media MS + 0,5 mg/l BA.....	47
28. Penampilan visual F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe GM-1 berumur 6 MSP (a) media kontrol (MS 0) (b) media MS + 0,5 mg/l BA (c) media MS + 0,5 mg/l BA (d) media MS + 0,5 mg/l BA.....	48
29. Pengguguran daun pada kultur <i>in vitro</i> ubi kayu	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) termasuk dalam famili *Euphorbiaceae* merupakan tanaman perdu semusim dengan nilai ekonomi tinggi karena memiliki banyak manfaat. Ubi kayu banyak dimanfaatkan sebagai sumber makanan pokok, pakan ternak dan bioetanol. Bioetanol merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang penting karena cadangan minyak bumi mulai menipis. Dengan nilai ekonomi yang tinggi tersebut, ubi kayu memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan.

Ubi kayu merupakan salah satu komoditas pertanian unggulan di propinsi Lampung dan Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2016) Indonesia merupakan produsen ubi kayu terbesar ke-3 di dunia setelah Brazil dan Thailand. Total produksi ubi kayu di Indonesia mencapai 20.744.674 ton dari luas panen 867.495 hektar. Menurut Kementerian Pertanian (2016), data produksi ubi kayu 5 tahun terakhir menunjukkan bahwa provinsi Lampung menjadi sentra produksi ubi kayu terbesar dengan kontribusi mencapai 7.741.948 ton dengan luas panen 251.079 ha yang berarti produktivitas lahan mencapai 261,75 ku/ha.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2016) permintaan ubi kayu di Indonesia pada tahun 2015–2020 dihitung dengan pendekatan perkalian antara ketersediaan

per kapita untuk konsumsi, pakan, dan bahan baku industri diperkirakan akan mengalami peningkatan rata-rata sebesar 2,15% per tahun. Namun laju pertumbuhan luas panen ubi kayu mengalami penurunan yaitu 5,37% per tahun. Dengan demikian perlu dilakukan intensifikasi dalam bentuk penggunaan varietas unggul baru yang memiliki produksi dan kadar pati tinggi.

Pemuliaan tanaman merupakan langkah yang dapat diambil untuk merakit varietas unggul baru. Namun, setelah varietas unggul yang baru berhasil dirakit dan dirilis oleh pemerintah, tidak serta merta dapat diperoleh petani ubi kayu dengan mudah dan dalam jumlah banyak. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya jumlah bibit yang dapat didistribusikan dalam waktu relatif singkat. Umumnya bibit ubi kayu diperbanyak secara konvensional menggunakan stek, namun teknik ini memerlukan waktu yang cukup lama karena dari satu tanaman ubi kayu hanya diperoleh sekitar 10 stek setelah tanaman berumur 10 bulan atau lebih (BIP, 1995). Sementara itu, menurut Ardian (2011) kebutuhan bibit ubi kayu yang dibutuhkan untuk penanaman ubi kayu secara monokultur sekitar 10.000–14.000 stek per hektar. Akibat rendahnya pasokan bibit tersebut, pada umumnya petani memenuhi kebutuhan stek untuk periode tanam berikutnya menggunakan stek dari ubi kayu sebelumnya. Kondisi tersebut seringkali menyebabkan kualitas stek kurang baik dan kemurnian varietas tidak bisa dijamin.

Perbanyakan dengan kultur jaringan dinilai lebih tepat dan efisien dalam menyediakan kebutuhan bibit yang berkualitas. Cara ini memberikan peluang untuk melakukan perbanyakan bibit tanaman secara massal dengan hasil *true-to-type*. Kultur jaringan tanaman merupakan teknik menumbuh kembangkan bagian

tanaman baik berupa sel, jaringan, atau organ dalam kondisi aseptik secara *in vitro*. Teknik ini lebih menjamin bibit yang dihasilkan bebas penyakit, seragam, dan waktu yang lebih cepat (Yusnita,2003). Keberhasilan perbanyak tanaman secara *in vitro* sangat dipengaruhi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). ZPT yang digunakan akan mempengaruhi pola pertumbuhan eksplan. Penambahan sitokinin dalam media dapat merangsang induksi maupun penggandaan tunas.

Benziladenin (BA) merupakan jenis sitokinin yang sering digunakan dalam teknik kultur jaringan. Hal tersebut dikarenakan BA mempunyai efektivitas untuk perbanyak tunas cukup tinggi, mudah didapat, dan relatif murah bila dibandingkan dengan kinetin (Yusnita, 2003).

Selain ZPT, pemilihan eksplan juga merupakan faktor penting penentu keberhasilan dalam teknik kultur jaringan. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan eksplan adalah umur fisiologis, umur ontogenetik, ukuran eksplan, serta bagian tanaman yang akan digunakan. Eksplan merupakan sumber kontaminasi kultur, disamping komponen media, faktor manusia dan lingkungan. Oleh sebab itu, pemilihan tanaman sebagai sumber eksplan perlu diperhatikan agar organisme bawaan dari eksplan penyebab kontaminasi dapat diperkecil. Penggunaan benih sebagai bahan tanaman induk sumber eksplan dianggap mampu memperkecil kontaminasi dibandingkan menggunakan stek mikro. Hal tersebut dikarenakan kontak langsung tanaman dengan lingkungan relatif lebih singkat. Namun demikian, ketersediaan benih dalam jumlah yang terbatas menjadi salah satu kendala, sehingga diperlukan media perkecambahan yang tepat agar diperoleh daya berkecambah benih yang tinggi.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan sebagai berikut;

1. Apakah media yang tepat untuk menghasilkan daya berkecambah benih ubi kayu yang tinggi?
2. Bagaimana pengaruh peningkatan konsentrasi BA terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu?
3. Bagaimanakah pengaruh genotipe terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu?
4. Apakah terdapat interaksi antara penggunaan BA dan genotipe ubi kayu terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Mengetahui media perkecambahan yang tepat untuk menghasilkan daya berkecambah benih ubi kayu yang tinggi.
2. Mengetahui pengaruh peningkatan konsentrasi BA terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.
3. Mengetahui pengaruh berbagai genotipe ubi kayu terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.
4. Mengetahui interaksi antara BA dan genotipe ubi kayu terhadap perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.

1.3 Kerangka Pemikiran

Perkecambahan merupakan tahap awal dalam proses terbentuknya tanaman baru pada tanaman berbiji. Di dalam biji tersebut terdapat komponen kimia yang berperan sebagai embrio yang dapat aktif tumbuh menjadi individu baru apabila berada pada kondisi yang sesuai. Perkecambahan benih adalah proses pengaktifan embrio yang mengakibatkan terbukanya kulit benih dan munculnya tumbuhan muda (Yuniarti, 2017). Setiap biji yang dikecambahkan atau diujikan tidak selalu menghasilkan persentase tumbuh yang sama, hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor. Diantaranya adalah adanya sifat dormansi pada benih, genotipe, serta metode perkecambahan yang tidak tepat.

Keberhasilan perkecambahan benih sangat dipengaruhi oleh metode dan media yang tepat. Menurut Ferawati (2016), perkecambahan benih ubi kayu efektif dilakukan di rumah kaca dengan media campuran antara kompos dan tanah dengan daya kecambah mencapai 53%. Metode tersebut dianggap lebih efektif dibandingkan dengan metode perkecambahan pada kultur *in vitro* baik menggunakan media MS 0 maupun media campuran antara pasir dan sekam bakar yang hanya menghasilkan daya berkecambah 2% dan 22% secara berturut-turut. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena kondisi yang tidak sesuai sehingga benih mengalami dormansi. Helmanto (2015), mengemukakan bahwa daya berkecambah terbaik pada benih *Quassia indica* dihasilkan pada campuran antara kompos + pasir yaitu 55%, dibandingkan pada media kompos dan pasir saja yaitu 35% dan 30% secara berturut-turut.

Sama halnya dengan perkecambahan benih, keberhasilan perbanyakannya suatu tanaman juga sangat dipengaruhi oleh teknik yang digunakan. Kultur jaringan merupakan suatu teknik perbanyakannya tanaman yang memiliki manfaat utama yaitu untuk perbanyaknya vegetatif tanaman yang permintaannya tinggi namun pasokannya rendah, karena laju perbanyakannya secara konvensional dianggap lambat. Selain itu, kultur jaringan juga bermanfaat untuk memperbanyak tanaman introduksi, tanaman klon unggul baru, dan tanaman bebas patogen yang perlu diperbanyak dalam jumlah besar dalam waktu relatif singkat. Teknik kultur jaringan dapat dimanfaatkan oleh produsen benih untuk memperbanyak tanaman tua dari galur murni tertentu dalam jumlah besar, yang nantinya digunakan untuk memproduksi benih hibrida (Yusnita, 2003).

Menurut Yusnita (2003), tanaman berkayu merupakan tanaman yang lambat regenerasinya, sedangkan tanaman herba secara umum lebih cepat beregenerasi. Metode perbanyakannya *in vitro* dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu pengulturan stek satu buku yang dilanjutkan dengan penggandaan tunas dari buku pada tunas yang dihasilkan. Metode ini sudah banyak dilakukan, seperti pada tanaman kentang dan jati. Perbanyakannya tanaman yang mengandalkan percabangan tunas samping sangat dipengaruhi oleh ZPT. ZPT yang berperan dalam hal ini adalah golongan sitokinin. Perbanyakannya dengan metode ini sering digunakan karena relatif sederhana, aberasi genetik sangat tinggi, perbanyakannya berlangsung relatif cepat, dan tanaman yang dihasilkan tumbuh dengan baik karena terjadinya rejuvenasi.

Tahap multiplikasi atau tahap perbanyak, tunas-tunas yang tumbuh dari hasil induksi diperbanyak dengan cara memotong setiap ruas dan menanamnya pada media perbanyak yang mengandung lebih banyak sitokinin. Maryani (2005) menjelaskan bahwa penambahan BAP 0,5–1,0 ppm pada kultur *in vitro* tanaman krisan berumur 8 MST mampu menghasilkan jumlah tunas sebanyak 1,3 dan 1,6 tunas secara berturut-turut. Namun, dengan ditingkatkannya konsentrasi BAP menjadi 1,5 ppm justru menyebabkan penurunan jumlah menjadi 1 tunas per eksplan. Hasil penelitian Azwin dkk. (2006) menunjukkan bahwa penggunaan BAP dengan konsentrasi 0,5 ppm dapat menghasilkan jumlah tunas, panjang tunas, dan jumlah daun terbaik pada *plantlet* gaharu pada 8 MST, baik eksplan yang berasal dari tunas aksilar (bibit) maupun yang berasal dari tunas adventif (*plantlet*).

Nurmayulis (2009) mengemukakan bahwa penambahan BAP 0,5 ppm mampu menghasilkan tinggi tunas terbaik pada tanaman krisan berumur 5 MSP yaitu 1,48 cm, dan menurun pada konsentrasi 1 ppm menjadi 1,37 cm. Khumaida (2013), melaporkan bahwa media yang mengandung 0,5 ppm BAP dan 1,5 ppm BAP efektif untuk menginduksi tunas ubi kayu varietas Adira 2 setelah 8 MST yaitu sebanyak 1,5 tunas per eksplan. Rossa dkk. (2013), menjelaskan bahwa pertumbuhan kultur ujung apikal tanaman Jati yang ditanam pada media MS dengan penambahan konsentrasi BAP 1 ppm dan kinetin 1 ppm menunjukkan pertumbuhan yang baik dan terdapat pembentukan tunas dan kalus.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, dapat disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat media terbaik untuk menghasilkan daya berkecambah benih ubi kayu yang tinggi.
2. Peningkatan konsentrasi BA hingga konsentrasi tertentu mampu memberikan respon yang lebih baik pada perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.
3. Terdapat genotipe yang mampu memberikan respon yang lebih baik pada perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.
4. Terdapat interaksi antara penggunaa BA dan genotipe dalam mempengaruhi perbanyakan dan pertumbuhan eksplan satu buku pada kultur *in vitro* ubi kayu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Ubi Kayu

Ubi kayu merupakan tanaman perdu yang berasal dari Brazil, sebagai tanaman pangan penghasil umbi. Klasifikasi tanaman ubi kayu menurut *Plants Database* (2006) dalam Nirwanto (2012), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Bangsa : Euphorbiales
Suku : Euphorbiaceae
Marga : *Manihot*
Spesies : *Manihotesculenta*, Crantz.

Ubi kayu merupakan tanaman berkayu yang dapat tumbuh setinggi 1,5-5 m dengan diameter batang berukuran 2-6 cm, warna batang muda berwarna hijau dan setelah tua berwarna keputihan. Batang ubi kayu ada yang bercabang dan ada yang tidak bercabang, bergantung varietas dan lingkungan. Daun ubi kayu berbentuk menjari dengan 5, 7, atau 9 helai belahan lembar daun (*lobes*). Warna helai daun bervariasi yaitu hijau gelap, hijau muda, ungu kehijauan, dan kuning

belang-belang dan memiliki warna tulang daun mulai dari hijau hingga ungu. Tangkai daun berwarna merah, ungu, hijau, kuning, dan kombinasi dari empat warna tersebut, dengan panjang 10-20 cm. Bunga ubi kayu termasuk berumah satu (monocious), dimana bunga jantan dan betina terletak pada tangkai bunga yang berbeda dalam satu batang untuk tiap tanaman. Terdapat dua jenis kelompok bunga yaitu: bunga jantan dan betina yang fertile (subur), dan bunga betina fertile dan bunga jantan steril (mandul). Ubi kayu memiliki sistem perakaran serabut dan beberapa akar membentuk umbi melalui proses penebalan sekunder. Panjang umbi berkisar antara 15-100 cm dengan bobot umbi mencapai 0,5–2 kg bergantung varietas dan kondisi lingkungan (Saleh, 2016).

Menurut Ferawati (2016), jenis klon ubi kayu yang umum dibudidayakan oleh petani di Indonesia adalah varietas unggul nasional antara lain Adira 1, Adira 2, Adira 4, Malang 1, Malang 2, Malang 4, dan Malang 6, UJ-3 (Thailand), UJ-5 (kasesart), Darul Hidayah, serta klon lokal antara lain Barokah, Manado, Klenteng, dan Mekarmanik.

2.2 Syarat Tumbuh Ubi Kayu

Ubi kayu termasuk tanaman tropis, tetapi dapat pula beradaptasi dan tumbuh dengan baik di daerah sub tropis. Secara umum tanaman ini tidak menuntut iklim yang spesifik untuk pertumbuhannya. Namun demikian, ubi kayu akan tumbuh dengan baik pada daerah dengan curah hujan 750 –1.000 mm/thn dengan ketinggian berkisar antara 0–1.500 m di atas permukaan laut (dpl), dan suhu optimum 25 °C–28 °C. Tanah yang cocok untuk tanaman ubi kayu adalah tanah dengan struktur yang gembur dan bertekstur berpasir hingga liat, dan tumbuh baik

pada tanah lempung berpasir yang cukup hara. Tanah yang cocok untuk tanaman ubi kayu adalah jenis tanah yang memiliki kisaran pH 4,5– 8, dengan pH optimal yaitu 5,8 (BIP, 1995).

2.3 Perkecambahan Benih

Perkecambahan benih adalah proses pengaktifan embrio yang mengakibatkan terbukanya kulit benih dan munculnya tumbuhan muda (Yuniarti, 2017). Jumlah kandungan metabolit seperti karbohidrat, protein, lemak, asam organik, dan hormon akan sangat berpengaruh terhadap fase pertumbuhan karena memberikan bahan makanan dan energi potensial untuk embrio (Sutopo, 2002).

Perkecambahan benih dimulai dari proses imbibisi atau proses penyerapan air. Setelah biji menyerap air, maka kulit biji akan melunak dan terjadilah pengaktifan enzim-enzim yang berfungsi mengubah lemak menjadi energi melalui proses respirasi (Yuniarti, 2014).

Salah satu kendala dalam pengecambahan benih adalah adanya masa dormansi benih. Benih dikatakan dorman apabila tidak berkecambah walaupun kondisi lingkungan telah dibuat optimal untuk proses perkecambahan. Dormansi benih dapat terjadi apabila kulit benih yang keras, rendahnya proses imbibisi, proses respirasi terhambat, dan rendahnya proses metabolisme cadangan makanan. Menurut Rozen (2016), pematangan dormansi benih dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

1. Perlakuan mekanis

Perlakuan mekanis dilakukan dengan cara pengkikisan kulit benih dengan kertas pasir. Pengkikisan ini menyebabkan kulit benih menjadi lebih tipis

sehingga pada saat proses imbibisi, air akan lebih mudah masuk ke dalam benih.

2. Perlakuan kimia

Perlakuan kimia dapat dilakukan dengan cara perendaman benih sebelum ditanam dalam larutan H_2SO_4 3%, KNO_3 3%, dan HCl 3%. Perlakuan ini bertujuan agar kulit biji lebih mudah dimasuki air pada saat proses imbibisi karena biji menjadi lebih lunak.

3. Perlakuan perendaman air.

Perlakuan perendaman air ini dilakukan dalam air panas pada suhu awal 60°C .

2.4 Kultur Jaringan

Kultur jaringan tanaman adalah ilmu dan seni yang digunakan untuk mengkulturkan bagian tanaman (sel, protoplas, jaringan, atau organ) secara aseptik dalam kondisi lingkungan terkontrol yang disuplai hara mineral yang lengkap dari media buatan. Media tersebut dapat berupa cairan atau semi-padat, yang terdiri atas semua hara mineral esensial, sumber karbon, vitamin, komponen organik lainnya, dan zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dikulturkan. Apapun tujuannya, teknik kultur jaringan tanaman mempunyai karakteristik penting, yaitu: kondisi *in vitro* yang aseptik dari bagian tanaman yang dikulturkan, pemeliharaan pada mediaum buatan agar eksplan mengalami regenerasi jalur tertentu, dan kondisi lingkungan terkontrol yang cocok (Yusnita, 2010)

Bagian tanaman yang digunakan untuk memulai suatu kultur dinamakan eksplan. Eksplan yang digunakan dapat ujung tunas, batang, daun, bunga, ujung akar, biji atau biji yang sangat kecil. Tidak semua bagian tanaman memiliki kemampuan yang sama untuk berregenerasi *in vitro*, sehingga pemilihan eksplan sangat penting sebelum dilakukan pengkulturan. Eksplan yang mempunyai kemampuan tinggi untuk berregenerasi merupakan jaringan muda yang maristematik (Yusnita, 2010).

Menurut Yusnita (2003), terdapat lima tahapan dalam perbanyakan tanaman secara kultur jaringan, yaitu:

1. Tahap 0, yaitu memilih dan menyiapkan tanaman induk untuk eksplan.
Tanaman yang digunakan sebagai sumber eksplan harus jelas jenis, spesies dan varietasnya, serta harus sehat dan bebas dari hama penyakit.
2. Tahap 1, yaitu inisiasi kultur atau *culture establishment*. Tujuan utama tahap ini adalah mengusahakan kultur yang bebas dari mikroorganisme (aseptik), dan bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan (aksenik). Untuk menghilangkan mikroorganisme yang menempel dipermukaan eksplan, maka diperlukan sterilisasi yang dapat dilakukan dengan menggunakan NaOCl, CaOCl₂, etanol, dan HgCl₂.
3. Tahap 2, yaitu multiplikasi atau perbanyakan propagul (bahan tanaman yang diperbanyak seperti tunas atau embrio). Tahap ini bertujuan untuk menggandakan propagul atau bahan tanaman yang diperbanyak seperti tunas atau embrio. Perbanyakan tunas umumnya dirangsang menggunakan sitokinin seperti BA, 2-ip, kinetin, atau thidiazuron untuk mendorong percabangan tunas lateral dan tunas adventif. Propagul yang dihasilkan disubkulturkan terus

secara berulang-ulang sampai dicapai jumlah propagul yang diharapkan.

Setelah itu, tunas mikro yang dihasilkan dapat diakarkan dan diaklimatisasi.

4. Tahap 3, yaitu tahap persiapan untuk transfer propagul ke lingkungan eksternal yaitu pemanjangan tunas, induksi, dan perkembangan akar. Tunas yang dihasilkan pada tahap multiplikasi dipindahkan ke media lain untuk pemanjangan tunas. Media untuk pemanjangan tunas mengandung sitokinin sangat rendah atau tanpa sitokinin. Setelah tunas tumbuh cukup panjang, tunas tersebut dapat diakarkan. Pemanjangan tunas dan pengakarannya dapat dilakukan secara sekaligus atau secara bertahap.
5. Tahap 4, yaitu aklimatisasi *plantlet* ke lingkungan eksternal. *Plantlet* hasil tahap sebelumnya dipindahkan ke lingkungan di luar botol seperti rumah kaca, atau *screenhouse*. Aklimatisasi merupakan pengkondisian *plantlet* di lingkungan baru yang septik di luar botol dengan media tanah sehingga *plantlet* dapat bertahan dan tumbuh menjadi bibit yang siap ditanam di lapang. Aklimatisasi dilakukan dengan memindahkan *plantlet* ke media aklimatisasi dengan intensitas cahaya rendah dan kelembaban nisbi tinggi. Sehingga, secara berangsur-angsur kelembabannya diturunkan dan intensitas cahaya dinaikkan.

Keberhasilan perbanyak tanaman dengan kultur jaringan ditentukan oleh beberapa faktor yang berkaitan satu sama lain. Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap proliferasi (perbanyak) tunas maupun pembentukan akar, serta aklimatisasi *plantlet* ke lingkungan luar. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah genotipe tanaman, umur ontogenetik, metode pembiakan *in vitro*, lingkungan kultur, dan zat pengatur tumbuh (Yusnita, 2003).

2.5 ZPT

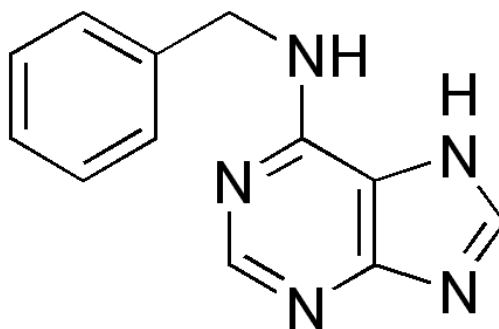
Zat pengatur tumbuh (ZPT) adalah senyawa organik bukan hara yang dalam konsentrasi rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Yusnita, 2010). ZPT dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan, yaitu sitokinin (BAP, BA, kinetin), giberelin, etilen, auksin (IAA, NAA, IBA), dan asam absisat yang sering disingkat dengan ABA (Wattimena, 1998 dalam Ulumudin, 2011).

Zat pengatur tumbuh mutlak dibutuhkan tanaman, karena tanpa adanya ZPT tanaman tidak akan tumbuh walaupun unsur hara memadai (Kurniati dkk., 2017). ZPT yang banyak digunakan untuk mempercepat pertumbuhan tunas adalah sitokinin. Sitokinin merupakan turunan dari adenin yang berperan sangat penting dalam mengatur pembelahan sel dan morfogenesis (Pierik, 1987 dalam Ulumudin, 2011). Kandungan sitokinin yang tinggi pada tanaman akan menunjukkan penampakan seperti meristem tunas apikal dengan jumlah daun yang banyak, daun memiliki warna yang lebih hijau dan tingkat klorofil yang lebih tinggi, tunas adventif dapat terbentuk pada bagian vena dan bagian yang terluka, penebaran daun terhambat, menekan dominasi apikal. Pemberian sitokinin dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan ruas pada batang menjadi pendek, dan pertumbuhan serta pembentukan akar pada stek batang berkurang (Taiz dan Zeiger, 2008 dalam Permata, 2012).

2.6 Benziladenin (BA)

Benziladenin (BA) merupakan salah satu jenis sitokinin sintetik yang mempunyai struktur hampir sama dengan kinetin, dengan rumus kimia $C_{12}H_{11}N_5$. BA

merupakan jenis sitokinin yang sangat aktif dalam merangsang pembelahan sel, pembentukan tunas adventif, poliferasi tunas aksilar, dan menghambat pembentukan akar serta meningkatkan aliran fotosintat (Pierik, 1987). BA memiliki bobot molekul sebesar 225,36 g/mol, dengan konsentrasi 0,5-10 mg/l dapat merangsang multiplikasi tunas aksilar dan relatif mudah diperoleh serta lebih murah jika dibandingkan dengan TDZ (Yusnita, 2003).



Gambar 1. Rumus bangun BA

Sumber: Wood, 2014.

2.7 Kultur Jaringan Ubi Kayu

Perbanyak tanaman ubi kayu secara kultur jaringan melalui multiplikasi tunas relatif lebih cepat dibandingkan dengan induksi kalus embriogenik. Penelitian perbaikan tanaman melalui kultur jaringan telah banyak dilakukan seperti penelitian Rifki (2010), menyatakan bahwa media dengan penambahan 1,5 ppm BAP merupakan konsentrasi terbaik untuk penggandaan tunas yaitu sebanyak 1,16 tunas per eksplan, meskipun tidak terlalu signifikan dengan kontrol maupun dengan level konsentrasi BAP yang lain.

Menurut Ardian (2009), pertumbuhan tunas mikro ubi kayu secara *in vitro* yang terbaik dicapai pada media dengan penambahan 0,5 mg/l BA. Menurut Syahnuri

(2014), pemberian kinetin lebih sesuai untuk UJ 5 karena menghasilkan jumlah buku dan jumlah tunas yang lebih tinggi daripada dengan BAP. Pertumbuhan setek mini ubi kayu varietas Adira 4 memiliki pertumbuhan (tinggi tunas, jumlah tunas dan jumlah daun) cenderung lebih baik daripada varietas Malang 4 dan UJ 5. Hasil penelitian Ardian dkk. (2011), menjelaskan bahwa pertumbuhan tunas mikro ubi kayu dan jumlah buku secara *in vitro* terbaik dicapai pada media perlakuan 0,2 mg/l BA dengan 0,1 mg/l asam naftalen asetat.

III. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, Percobaan I yaitu perkecambahan benih ubi kayu dan Percobaan II yaitu perbanyakkan eksplan satu buku yang berasal dari perkecambahan ubi kayu. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca (Percobaan I) dan di Laboratorium Ilmu Tanaman (Percobaan II) Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Juli 2017 hingga April 2018.

3.1 Percobaan I : Perkecambahan benih ubi kayu

3.1.1 Bahan dan Alat

Bahan–bahan yang digunakan adalah benih botani ubi kayu F1 keturunan tetua betina (F1 KTB) genotipe Mulyo, Malang, GM-1 (Gedong Meneng 1), dan SL-36 (Sayur Liwa 36). Polybag sebagai tempat benih dikecambahkan serta tiga jenis media yaitu sekam bakar, kompos dan pasir. Sedangkan alat–alat yang digunakan adalah ember, cangkul dan gembor.



Gambar 2. Benih ubi kayu F1 keturunan tetua betina (KTB) (a) genotipe Mulyo (b) genotipe Malang (c) genotipe GM-1 (d) genotipe SL-36

3.1.2 Metode Perkecambahan Benih

Pada percobaan ini benih dikecambahkan dalam polybag dengan menggunakan 4 jenis media yang berbeda, yaitu: sekam bakar, sekam bakar + pasir dengan perbandingan 2:1 (v/v), kompos, dan kompos + pasir dengan perbandingan 2:1 (v/v). Benih dari setiap F1 KTB genotipe ubi kayu tersebut dikecambahkan ke dalam 10 polybag dengan jumlah masing-masing 3 benih per polybag. Benih yang telah ditanam diletakkan di rumah kaca dan dilakukan perawatan dengan menyiram benih agar kondisi media tetap lembab.

3.1.3 Pelaksanaan Penelitian

3.1.3.1 Persiapan media tanam

Media tanam yang digunakan terdiri dari empat jenis, media yang berupa sekam bakar murni dan kompos murni (metrolestari) diisikan ke dalam polybag hingga penuh dan dikira cukup untuk menopang batang yang tumbuh. Adapun untuk media campuran antara sekam bakar + pasir, dan kompos + pasir dilakukan pencampuran terlebih dahulu dengan perbandingan volume sebanyak 2:1. Kemudian media campuran tersebut diisikan ke dalam polybag hingga penuh.



Gambar 3. Media perkecambahan benih (a) sekam bakar (b) sekam bakar + pasir (c) kompos (d) kompos + pasir.

3.1.3.2 Penanaman Benih

Benih ubi kayu ditanam dalam polybag yang telah berisi media sebanyak 3 benih per polybag. Benih yang telah ditanam diletakkan dalam rumah kaca untuk mengurangi panas matahari langsung dan mengurangi serangan hama dan penyakit. Benih dipelihara dengan dilakukan penyiraman agar media tetap lembab sehingga benih yang ditanam dapat tumbuh normal. Selama waktu penelitian tidak diaplikasikan pestisida pada tanaman ubi kayu tersebut.

3.1.3.3 Variabel Pengamatan

Pertumbuhan dan perkembangan benih yang ditanam diamati secara umum.

Variabel yang diamati dalam percobaan ini adalah daya berkecambah benih.

Daya berkecambah benih dihitung dengan rumus:

$$\text{Daya Berkecambah} = \frac{\text{Jumlah benih yang berkecambah}}{\text{Jumlah benih yang ditanam}} \times 100\%$$

3.2 Percobaan II : Perbanyakkan eksplan satu buku ubi kayu secara *in vitro*

3.2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksplan satu buku ubi kayu F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe Mulyo, Malang, GM-1 (Gedong Meneng 1), dan SL-36 (Sayur Liwa 36) berumur 4 MST, benziladenin (BA), detergen, bayclin, KOH 1 N, HCL 1 N, aquades, tween-20, air steril, spirtus, dan media kultur. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah autoklaf Budenberg, autoklaf Tomy, destilator, pH meter, magnetik stirrer, timbangan analitik, kompor,

panci, laminar air flow cabinet (LAFC), gelas ukur, botol schott, botol kultur, labu Erlenmeyer, pipet tetes, *hand sprayer*, alat diseksi (pinset, *scapel*), keramik, kapas steril, dan Bunsen.

3.2.2 Metode Penelitian

Percobaan ini terdiri atas dua faktor, faktor pertama yaitu konsentrasi ZPT sebanyak 4 taraf (0,0; 0,5; 1,0; dan 1,5 mg/l BA), dan faktor kedua yaitu klon ubi kayu yang merupakan F1 KTB genotipe Mulyo, Malang, GM-1, dan SL-36. Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL). Berdasarkan rancangan tersebut terdapat 16 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan terdiri atas tiga ulangan. Setiap ulangan terdiri dari 3 botol kultur, dengan 1 eksplan per botol. Dengan demikian, didapatkan 144 botol satuan percobaan. Homogenitas data dihitung menggunakan uji Bartlett. Apabila asumsi terpenuhi, kemudian dilanjutkan analisis ragam dengan pemisahan nilai tengah menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

3.2.3 Pelaksanaan Penelitian

3.2.3.1 Sterilisasi Alat

Kondisi aseptik merupakan syarat dalam kultur jaringan. Sterilisasi botol sebagai tempat kultur merupakan langkah pertama yang harus dilakukan. Sterilisasi botol dilakukan melalui 2 tahapan. Tahap pertama dilakukan sterilisasi botol menggunakan autoklaf Budenberg selama 30 menit pada suhu 121 °C dan tekanan 1,2 kg/cm². Selanjutnya, botol dicuci dengan menghilangkan agar, sisa tanaman, dan label yang menempel pada dinding botol. Kemudian botol direndam ke

dalam air yang telah dicampur dengan detergen 2 g/l dan 100 ml/l desinfektan berupa larutan pemutih komersial selama 1 malam. Tahap kedua botol yang sudah direndam dicuci menggunakan sabun pada seluruh bagiannya hingga bersih dan dibilas di bawah air mengalir lalu direndam air panas selama 15 menit. Botol yang telah direndam, kemudian ditiriskan lalu ditutup plastik tahan panas menggunakan karet. Tahap akhir dalam sterilisasi botol adalah dengan autoklaf Tomy selama 30 menit pada suhu 121 °C dan tekanan 1,2 kg/cm².

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa alat diseksi (pinset dan scalpel), keramik, cawan petri, gelas ukur, kapas dan botol Schott. Botol schott digunakan untuk menyiapkan air steril, botol diisi air hingga $\frac{3}{4}$ nya. Sementara itu, alat berupa pinset scalpel, keramik, cawan petri, disterilisasi dengan cara dibungkus dengan kertas dan dimasukkan dalam plastik tahan panas. Sedangkan kapas disterilisasi dengan cara dimasukkan ke dalam botol kultur steril. Alat-alat tersebut kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf Tomy selama 30 menit pada suhu 121 °C dan tekanan 1,2 kg/cm².

3.2.3.2 Pembuatan Media

Media dasar yang digunakan adalah media MS (Murashige and Skoog, 1962). Terdapat tiga jenis media dalam penelitian ini, yaitu media prekondisi, media perlakuan, dan media pengakaran. Media prekondisi berisi garam-garam MS tanpa ZPT. Media ini ditujukan untuk mendapatkan eksplan steril yang lebih seragam. Media perlakuan yang digunakan adalah media dasar MS dengan penambahan 4 taraf konsentrasi BA (0; 0,5; 1; 1,5). Adapun media pengakaran yang digunakan adalah media dasar MS dengan penambahan 2 g/l arang aktif.

Pembuatan media dilakukan dengan melarutkan garam-garam MS, 30 g sukrosa, serta ditambahkan BA sesuai taraf konsentrasi masing-masing. Setelah homogen, larutan ditara hingga mencapai volume 1 liter dan diatur tingkat keasamannya menjadi 5,8 menggunakan pH meter dengan cara menambahkan KOH 1 N atau HCl 1 N. Sebagai pematat media digunakan agar-agar sebanyak 7 g/l.

Kemudian, media dididihkan dan dimasukkan ke dalam botol steril. Botol kemudian ditutup menggunakan plastik tahan panas dan diikat menggunakan karet. Media dalam botol tersebut kemudian disterilkan menggunakan autoklaf Tomy pada suhu 121 °C dan tekanan 1,2 kg/cm² selama 7 menit.

3.2.3.3 Persiapan Eksplan

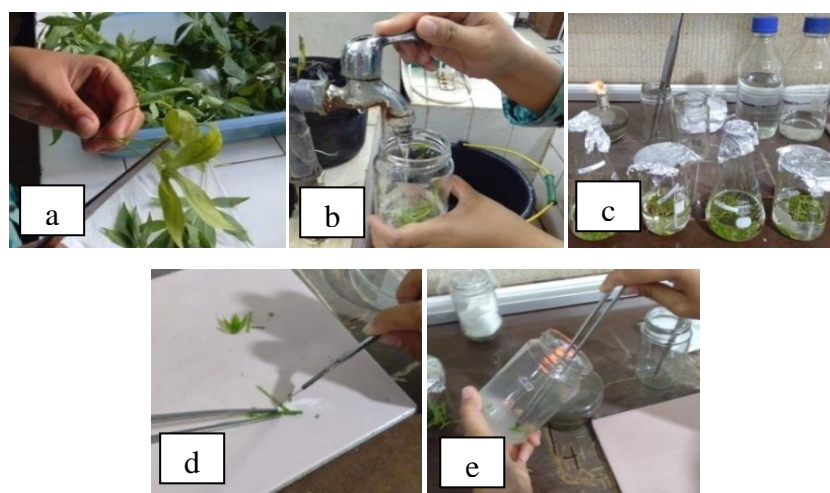
Eksplan yang digunakan berupa batang dengan satu buku yang diperoleh dari hasil perkecambahan benih ubi kayu (Percobaan I). Eksplan diambil pada saat tanaman berumur 4 MST (Gambar 4). Eksplan yang digunakan hanya dari mata tunas pada buku kedua sampai buku ketiga dengan daun yang telah membuka sempurna. Buku yang terdapat pada buku pertama sampai ketiga dianggap memiliki jaringan muda yang sedang tumbuh aktif, sehingga memiliki daya regenerasi yang lebih tinggi, serta relatif mengandung lebih sedikit kontaminan.



Gambar 4. Tanaman sumber eksplan berumur 4 MST

3.2.3.4 Sterilisasi dan Penanaman Eksplan

Eksplan yang digunakan adalah bagian buku kedua hingga ketiga yang berukuran kurang lebih 5 cm. Sterilisasi eksplan dilakukan di ruang persiapan dan di dalam *laminar air flow cabinet* (LAFC). Penanganan eksplan di ruang persiapan berupa pemotongan daun (Gambar 5 a). Kemudian eksplan dicuci pada air mengalir (Gambar 5 b). Sterilisasi permukaan eksplan kemudian dilanjutkan di dalam LAFC. Sterilisasi dilakukan dengan menggunakan larutan bayclin 20% dan ditambahkan dengan Tween-20 sebanyak 2 tetes/100 ml larutan, kemudian eksplan direndam dan dikocok agar semua permukaan eksplan mengenai larutan tersebut selama 10 menit (Gambar 5 c). Setelah itu, eksplan dibilas menggunakan air steril sebanyak 3 kali. Sebelum ditanam, eksplan dipotong untuk mendapatkan batang dengan satu buku saja. Eksplan ditanam pada media prekondisi (MS 0) dengan jumlah 2 eksplan per botol kultur. Eksplan diinkubasi dalam ruang kultur dengan intensitas cahaya 1.000 - 4.000 lux lampu *cool white fluorescent* dan fotoperiodesitas 24 jam terang selama 4 minggu dengan suhu $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Gambar 5. Sterilisasi dan penanaman eksplan (a) pemotongan daun pada eksplan (b) sterilisasi dalam ruang persiapan menggunakan air mengalir (c) sterilisasi dalam LAFC menggunakan desinfektan 20% (d) pemotongan eksplan steril (e) penanaman eksplan steril dalam media.

3.2.3.5 Subkultur pada Media Perlakuan dan Pengakaran

Subkultur ke media perlakuan dilakukan pada saat eksplan sudah berumur 4 minggu setelah tanam di media prekondisi. Eksplan yang dipindah berupa potongan batang yang terdiri dari 1 buku (*nodal explants*) yang berukuran ± 1 cm dengan jumlah satu eksplan per botol kultur, kemudian diinkubasi kembali dalam ruang kultur dengan kondisi yang sama pada saat eksplan berada di media prekondisi baik intensitas cahaya, fotoperiodesitas dan suhunya. Eksplan dalam media perlakuan diinkubasi selama 6 minggu, kemudian eksplan disubkultur kembali ke media pengakaran yaitu media MS yang ditambahkan dengan 2 g/l arang aktif dengan jumlah 3 eksplan per botol kultur. Eksplan pada media pengakaran diinkubasi selama 4 minggu dengan kondisi yang sama pada saat eksplan di media prekondisi dan perlakuan hingga terbentuk *plantlet* yang siap untuk diaklimatisasi.

3.2.3.6 Aklimatisasi *Plantlet*

Aklimatisasi dilakukan pada saat *plantlet* berumur 4 minggu setelah subkultur di media pengakaran. *Plantlet* yang siap diaklimatisasi harus memiliki beberapa kriteria diantaranya memiliki tinggi > 3 cm, terdapat minimal 3 daun yang terbuka sempurna dengan warna daun hijau tua, memiliki perakaran yang baik, dan memiliki batang yang normal ditandai dengan batang yang kokoh. *Plantlet* tersebut dikeluarkan dari ruang inkubasi ke ruangan tanpa AC (27°C – 30°C) dengan cahaya matahari tidak langsung selama satu minggu sebagai langkah *hardening-off*. Setelah satu minggu *plantlet* dikeluarkan dari botol secara hati-hati agar akar dan batangnya tidak patah. *Plantlet* dicuci hingga sisa-sisa media yang

terdapat pada akar bersih. Setelah dicuci *plantlet* direndam dalam larutan fungisida dengan konsentrasi 2 g/l selama 15 menit. Kemudian *plantlet* ditiriskan dan ditanam dalam polybag dengan media kompos daun dan sekam bakar yang telah direndam dengan fungisida (2 g/l) selama 24 jam dengan perbandingan volume 1:1. *Plantlet* yang telah diaklimatisasi disungkup menggunakan plastik transparan, kemudian disungkup kembali menggunakan paranet dan diletakkan di rumah kaca.

3.2.3.7 Pengamatan

Pertumbuhan dan perkembangan kultur diamati secara umum setiap minggu selama 6 MST pada media perlakuan dan pada saat *plantlet* berumur 2 minggu setelah aklimatisasi. Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah buku per eksplan

Pengamatan jumlah buku pada eksplan dilakukan setiap minggu hingga 6 MST. Pengamatan dilakukan dengan menghitung buku pada setiap eksplan dari pangkal hingga titik tumbuh terakhir pada tunas aksilar.

2. Tinggi tunas aksilar(cm)

Pengamatan tinggi tunas dilakukan setiap minggu hingga 6 MST. Variabel ini diukur dengan cara mengukur tinggi tunas dari pangkal tunas sampai titik tumbuh terakhir pada tunas.

3. Jumlah daun per eksplan

Pengamatan jumlah daun dilakukan setiap minggu selama 6 MST. Daun yang dihitung merupakan daun yang telah terbentuk sempurna.

4. Jumlah tunas per eksplan

Pengamatan pada eksplan dilakukan setiap minggu selama 6 MST. Variabel ini diukur dengan cara menghitung tunas aksilar yang tumbuh dari setiap eksplan.

5. Persentase kontaminasi eksplan pada media prekondisi

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah eksplan yang terkontaminasi baik disebabkan oleh jamur maupun bakteri.

6. Persentase eksplan bertunas

Pengamatan dilakukan setiap minggu hingga 6 MST dengan melihat ada tidaknya tunas yang tumbuh pada eksplan. Persentase eksplan bertunas dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ eksplan bertunas} = \frac{\text{jumlah eksplan bertunas}}{\text{total eksplan ditanam}} \times 100\%$$

7. Persentase eksplan berkalus

Pengamatan dilakukan setiap minggu hingga 6 MST dengan melihat ada tidaknya kalus yang muncul pada eksplan. Persentase eksplan berkalus dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ eksplan berkalus} = \frac{\text{jumlah eksplan berkalus}}{\text{total eksplan ditanam}} \times 100\%$$

8. Persentase eksplan berakar

Pengamatan dilakukan setiap minggu hingga 6 MST dengan melihat ada tidaknya akar yang muncul pada eksplan. Persentase eksplan berakar dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ eksplan berakar} = \frac{\text{jumlah eksplan berakar}}{\text{total eksplan ditanam}} \times 100\%$$

9. Penampilan visual eksplan

Penampilan visual eksplan diamati dengan mengambil gambar eksplan menggunakan kamera. Variabel pengamatan ini dilakukan sebagai penunjang hasil pengamatan variabel lainnya.

10. Persentase daya hidup *plantlet* saat aklimatisasi

Pengamatan dilakukan pada 2 minggu setelah aklimatisasi. Persentase *plantlet* hidup pada saat aklimatisasi dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Plantlet hidup} = \frac{\text{plantlet hidup}}{\text{total plantlet diaklimatisasi}} \times 100\%$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Teknik perkecambahan benih dengan media kompos + pasir memberikan persentase benih berkecambah terbaik yaitu 59,17% dari ketiga media lain yang dicobakan yaitu media kompos, sekam bakar, dan sekam bakar + pasir sebesar 57,50%, 49,17%, dan 38,33% secara berturut-turut.
2. Media terbaik untuk pembentukan buku dan daun pada kultur *in vitro* ubi kayu berumur 6 MSP diperoleh pada media MS dengan penambahan konsentrasi BA 0,5 mg/l yaitu 5,56 buku per eksplan dan 4,75 daun per eksplan, jumlah tunas terbaik dihasilkan pada media dengan penambahan BA 1 mg/l yaitu 1,06 tunas per eksplan, sedangkan pada media tanpa penambahan BA menghasilkan tinggi tunas terbaik yaitu 2,95 cm per eksplan.
3. F1 keturunan tetua betina (KTB) genotipe GM-1 menghasilkan jumlah daun terbaik yaitu 4,81 daun per eksplan, sedangkan untuk tinggi tunas, jumlah buku dan jumlah tunas tidak dipengaruhi oleh F1 KTB genotipe ubi kayu.

4. Penambahan konsentrasi BA tidak bergantung pada berbagai Genotipe ubi kayu yang dicobakan. Maka penggunaan Genotipe dan BA diterapkan secara terpisah atau salah satu saja

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan penggunaan rentang konsentrasi BA yang lebih rendah untuk mengetahui pengaruh optimumnya dalam menghasilkan tunas dan buku. Serta dilakukan studi lanjut mengenai kalus yang dihasilkan dari induksi oleh BA pada media induksi suspensi embrio untuk mempelajari daya regenerasi kalus yang terbentuk. Serta perlu dilakukan penelitian lanjutan pada tahap aklimatisasi untuk mengetahui teknik yang tepat agar daya hidup *plantlet* lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbas, F., Isikalan, C., Namli, S., dan Erol, B. 2009. effect of plant growth regulators on in vitro shoot multiplication of *amygdalus communis L.* cv. yaltsinki. African Journal or Biotechnology. 8(22): 6168-6174.
- Ardian., dan Yuliadi, E. 2009. Pertumbuhan dan perbanyak tunas mikro singkong(*Manihot esculanta Crantz*) secara *in vitro* pada berbagai konsentrasi benziladenin. Jurnal Agrotropika. 14(1): 19-22.
- 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.
- Ardian. 2012. Kultur in vitro ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz.*) dengan berbagai konsentrasi benzil adenin dan asam indol asetat. Jurnal Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Azwin., Siregar, I. Z., dan Supriyanto. 2006. Penggunaan BAP dan TDZ untuk perbanyak tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis Lamk.*). Jurnal Fakultas Kehutanan. Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. 7 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi, 2013–2016. <http://www.pertanian.go.id/Data5tahun/ATAP-TP2016/27-ProdUbikayu.pdf>. Diakses pada 4 November 2017. 1 hlm.
- Balai Informasi Pertanian Irian Jaya. 1995. Budidaya Singkong (*Manihot esculenta Crantz.*). Lembar Informasi Pertanian, BIP Irian Jaya 150/95. <http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/agritek/ppua0123.pdf>. Diakses pada 21 September 2017.
- Caniago, M., Roslim, D. I., dan Herman. 2014. Deskripsi karakter morfologi ubikayu (*Manihot esculenta Crantz*) juray dari kabupaten rorak hulu. Jurnal Bidang Genetika Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Kampus Bina Widya Pekanbaru. 7 hlm.

- Demeke, Y., Tefera, W., Dechassa, N., dan 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.
- Ferawati, W. 2016. Teknik Perkecambahan Benih dan Pengaruh Konsentrasi Benziladenin pada Perbanyakan Eksplan Tunas Satu Buku Kecambah Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) Dua Klon secara In Vitro. (*Skripsi*). Lampung. Universitas Lampung. 71 hlm.
- Helmanto, Hendra., Damayanti, F., dan Purnomo, D.W. 2015. Pengaruh pupuk kompos bioposka dalam proses perkecambahan dan pertumbuhan biji *Quassia indica*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor, LIPI. 1(4) : 852-855.
- Henuhili, V. 2008. Manfaat dan penggunaan kompos pada media tanam. *Juridik Biologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNY. 7 hlm.
- Hoesen, D.S.H., 1998. Kultur jaringan kunir putih (*Kaempferia rotunda* L). *Berita Biologi*. 4(4): 175-181.
- Husni, A., Hutami, S., M. Kosmiatin, dan I. Mariska. 2004. Pembentukan benih somatik dewasa kedelai dan aklimatisasi serta uji terhadap indikator sifat toleransi kekeringan. 169–159.
- Hutami, S. 2006. Penggunaan arang aktif dalam kultur in vitro. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. 8(1).
- Kabir, M. H., Mamun, A. N. K., Roy, P. K. Islam, M. R., Jahan, M. T., dan Talukder, S.U. 2015. In vitro propagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Nuclear Science and Applications*. 24 (1&2).
- Kartiko H.D.P. 1986. Pengaruh beberapa cara ekstraksi dan perlakuan pendahuluan terhadap daya berkecambah benih rotan manau (*Calamus manna* MIQ). Laporan Uji Coba No. 5. Balai Teknologi Perbenihan. Bogor.
- Kementerian Pertanian. 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan*. Jakarta. 76 hlm.
- Khumaida, N., dan Rifqi, F.A. 2013. Induksi tunas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) var Adira 2 secara in vitro. *Jurnal Agronomi dan Hortikultura*. 41(2):133-139.

- Kurniati, F., Sudartini, T., dan Hidayat, D. 2017. Aplikasi berbagai bahan zpt alami untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). Jurnal Jurusan Agroteknologi. Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi. 4(1):10 hlm.
- Kuswanto, H. 1996. *Dasar-dasar Teknologi Produksi dan Sertifikasi Benih*. Andi. Yogyakarta. 190 hlm.
- Lestari, E.G., D. Sukmadjaya, I. Mariska, M. Kosmiatin, Y. Rusyadi, dan S. Rahayu. 2001. Perbanyak in vitro dan pengujian lanjutan pada nomor-nomor harapan panili dan lada 119 yang tahan penyakit. hlm: 109
- Lestari, E. G., Suhartanto, M. R., Kurniawati, A., Rahayu, S. 2013. Inisiasi tunas ganda tanaman manggis malinau melalui kultur in vitro untuk perbanyak klonal. J. Agron. Indonesia. 41(1) : 40-46.
- Maryani, Y., dan Zamroni. 2005. Pengandaan tunas krisan melalui kultur jaringan. Jurnal Ilmu Pertanian. 12 (1): 51-55.
- Mathen, A., Azad, S., dan Musa Z.A. 2010. Effects of pre-sowing treatments on seed germination of *Melia azedarach*. J For Res. 21(2):193-196.
- Maulida, D. 2016. Regenerasi Krisan (*Chryssanthemummorifolium*) cv. Puspita Nusantara *In Vitro* melalui Perbanyak Tunas Aksilar, Organogenesis, dan Aklimatisasi *Plantlet*. (Tesis). Program Pasca Sarjana Magister Agronomi. Universitas Lampung. 70 hlm.
- Mudiana, D. 2006. Perkecambahan *Syzygium cumini* (L.) Skeels. Jurnal Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi. 8(1):39-42.
- Murasige, T., dan F. Skoog. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture*. Jurnal. Wisconsin. Dep Botany, University of Wisconsin: 473-497.
- Murniati, E., Sumiar, M. 2006. Pengaruh jenis media perkecambahan dan perlakuan pra perkecambahan terhadap viabilitas benih mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) dan hubungannya dengan sifat dormansi benih. Jurnal Bul. Agron. 34 (2):119-123.
- Nassar, N.M. A. 1985. Variation among cassava clones in relation to seed germination. J. Genet. 45(2): 394-398.
- Nirwanto, W. 2012. Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim pada Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) Tinggi Beta Karoten. (Skripsi). Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. 75 hlm.

- Pancaningtyas, S., Santoso, T. I., dan Sudarsianto. 2014. Studi perkecambahan benih kakao melalui metode perendaman. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 30(3):190-197.
- Permata, S., E. 2012. Multiplikasi Tunas Pisang Ambon Kuning sebagai Respon terhadap Konsentrasi Benzyladenin dan Indole-3-Acetic Acid. (*Skripsi*). Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 70 hlm.
- Pierik, R. L. M. 1987. *In vitro* culture of higher plants. Martinus Nijhoff Publishers. Boston 3434 p.
- Plant Database. 2006. Classification for kingdom plantae down to genus manihot crantz. Desember 2011. 1 hlm.
- Purnamaningsih, Ragapadmi., Ashrina, dan Misky. 2011. Pengaruh BAP dan NAA terhadap induksi kalus dan kandungan artemisinin dari *Artemisia annua* L. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Radjit, B. S., Saleh, N., Subandi, dan Ginting, E. 2008. Teknologi produksi ubi kayu mendukung industri bioetanol. Jurnal Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 16: 27-36.
- Rahmasyahraini., Qadir, A., dan Hartati, S. 2008. Studi periode pengujian daya berkecambah serta pengaruh perlakuan benih dan jenis media perkecambahan pada benih jarak pagar (*Jatropha cuscas* L.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rasebeka, L., Mathowa T., dan Mojeremane W. 2013. Effect of seed presowing treatment on germination of three *Acacia* species indigenous to Botswana. Intl J Plant Sci. 3(1): 62-70.
- Rifqi, F. A. 2010. Induksi multiplikasi tunas ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) var. Adira 2 secara *in vitro*. (*Skripsi*). Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. 85 hlm.
- Rossa, L. F., Ratnasari, E., dan Wahyono, R. 2013. Pengaruh 6-benzylamino purin (BAP) dan 6-furfuryl amino purin (kinetin) pada media MS terhadap pertumbuhan eksplan ujung apikal tanaman secara *in vitro*. Jurnal Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya. 5 hlm.
- Rozen, N., Thaib, R., Darfis, I., dan Firdaus. 2016. Pematangan dormansi benih enau (*Arenga oinnata*) dengan berbagai perlakuan serta evaluasi pertumbuhan bibit di lapangan. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. 2(1): 27-31.

- Safaat. 2016. Pengamatan Perkecambahan Benih Tembesi (*Samanea saman*) pada Media Top Soil, Kompos dan Pasir. (*Skripsi*). Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
- Saleh, N., Taufiq, A., Widodo, Y., dan Sundari, T. 2016. *Pedoman Budidaya Ubikayu di Indonesia*. IAARD press. Bandung.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Penerjemah Lukman, Sumaryono. Penerbit ITB Press. Bandung.
- Schopmeyer, C.S. 1974. *Seeds of Woody Plants in the United States*. U.S. Dep. Agr. Handbk., Washington DC.
- Slamet. 2011. Perkembangan teknik aklimatisasi tanaman kedelai hasil regenerasi kultur *in vitro*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. 7 hml.
- Sutopo, L. (2002). *Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Syahnuri, B. I. 2014. Induksi multiplikasi tunas dan aplikasi AgNO₃ pada plantlet ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) secara In Vitro. (*Tesis*). Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman. Institut Pertanian Bogor. 59 hlm.
- Taiz, L. dan E. Zeiger. 2008. *Plant Physiology*. Sinaur Associates. Sunderland.
- Ulumudin, A. 2011. Pengaruh Konsentrasi Benziladenin (BA) dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan Tunas pada Perbanyakan Pisang Ambon Kuning melalui Belahan Bonggol. (*Skripsi*). Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 67 hlm.
- Wattimena, G. A. 1998. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. Laboratorium kultur jaringan tanaman. PAU Bioteknologi IPB. Bogor. 145 hlm.
- Wood. 2014. [http://www.aribas.edu.in/\(X\(1\)S\(2u1nqr4f45vxyfnhtdu0tapo\)\)/Quest/2014/Issue1/3.pdf](http://www.aribas.edu.in/(X(1)S(2u1nqr4f45vxyfnhtdu0tapo))/Quest/2014/Issue1/3.pdf). 2(1) : 3hlm. Diakses pada 20 Mei 2018.
- Yenisbar, Yarni, Amelia, R. 2013. Multiplikasi Tunas Tanaman Inggu (*Ruta angustifolia* (L.) Pers.) secara In Vitro dengan Penambahan Benzyladenin. Jurnal ISSN. 1(1) : 2388-7793.
- Yuniarti, N., dan F. D. Dharmawati. 2015. Teknik pematahan dormansi untuk mempercepat perkecambahan benih kourbaril (*Hymenaea courbaril*). Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan. 1(6):1433-1437.
- Yuniarti, N., Megawati, dan Leksono, B. 2017. Pengaruh metode perkecambahan dan substrat kertas terhadap viabilitas benih *Eucalyptus pellita* F. Mull. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 6(1), 13-17.

- Yuniastuti, E., Praswanto, Harminingsih, I. 2010. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap multiplikasi tunas anthurium (*Anthurium andraenum* Linden) pada beberapa media dasar secara in vitro. Jurnal Caraka Tani xxv No. 1. 8 hlm.
- Yusnita. 2003. *Kultur Jaringan: Cara Memperbanyak Tanaman secara Efisien*. Agromedia Pustaka. Tangerang. 105 hlm.
- Yusnita. 2010. *Perbanyak In Vitro Tanaman Anggrek*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 128 hlm.