

**PERBANYAKAN TUNAS UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz.)
VARIETAS VAMAS-1 SECARA IN VITRO DENGAN PENAMBAHAN
BENZIL ADENIN DAN *NAPHTHALENE ACETIC ACID***

(Skripsi)

Oleh

Nabilla Syalsa Anisma
1914121028



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PERBANYAKAN TUNAS UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz.) VARIETAS VAMAS-1 SECARA IN VITRO DENGAN PENAMBAHAN BENZIL ADENIN DAN NAPHTHALENE ACETIC ACID

Oleh

NABILLA SYALSA ANISMA

Produksi ubikayu di Indonesia pada periode 2015-2019 cenderung mengalami penurunan, pada tahun 2019 produksi ubikayu sebanyak 16.350.370 ton. Perlu dilakukan intensifikasi budidaya ubikayu dengan menggunakan varietas baru yang mempunyai produksi dan berkadar pati tinggi, seperti Vamas-1 yang dirilis oleh Balitkabi pada tahun 2020. Namun, jumlah bibit varietas ini masih terbatas, sehingga perlu dilakukan perbanyakan dengan teknik kultur jaringan yang dapat menghasilkan bibit lebih banyak dalam waktu yang singkat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh BA dan NAA terhadap perbanyakan tunas ubikayu varietas Vamas-1 secara *in vitro*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan Mei hingga November 2023. Penelitian ini menggunakan RAL faktorial 5x2. Faktor pertama konsentrasi BA (0, 2, 4, 8, dan 10 mg/l) dan faktor kedua penambahan NAA 0 dan 0,02 mg/l. Data dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA 5% dan BNT 5%. BA 2 mg/l dapat menginduksi tunas terbanyak dengan rata-rata 3,32 tunas/eksplan dan rata-rata jumlah daun terbanyak dengan 10,07 helai/eksplan. Konsentrasi BA 0 mg/l dan 2 mg/l menghasilkan waktu muncul tunas tercepat yaitu 5,33 HST dan 5,73 HST. Konsentrasi BA 0 dan 2 mg/l menghasilkan akar terbanyak, yaitu 9,67 dan 7,33 helai/eksplan. Penambahan NAA 0,02 mg/l dapat menghasilkan jumlah tunas yang lebih sedikit (1,45 tunas/eksplan). Interaksi antara BA dan NAA menghasilkan tinggi tunas tertinggi pada kombinasi BA 0 mg/l dan NAA 0,02 mg/l dengan tinggi 3,61 cm. Persentase eksplan bertunas adalah 99,33 %. Tanaman yang hidup pada 6 minggu setelah aklimatisasi mencapai 80%

Kata kunci: BA, Multiplikasi, NAA, Organogenesis, Ubikayu, Vamas-1

ABSTRACT

IN VITRO SHOOT MULTIPLICATION OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz.) VAMAS-1 VARIETY WITH BENZYL ADENIN AND NAPHTHALENE ACETIC ACID

By

NABILLA SYALSA ANISMA

The demand for cassava is rising as a result of the growing diversity of cassava products. Cassava production in Indonesia in the 2015–2019 period tends to decline; in 2019, production was 16,350,370 tons. It is necessary to intensify cassava cultivation by using new varieties with high yields and high starch content. Research Agency for Nuts and Tuber Crops (Balitkabi) released Vamas-1 in 2020. However, the number of planting material for this variety is still limited, so propagation is carried out using tissue culture techniques, which can produce more planting material in a short time. This research was conducted to determine the effect of BA and NAA on the propagation of cassava shoots of the Vamas-1 variety in vitro. This research used several concentrations of BA (0, 2, 4, 8, and 10 mg/l), and another variable was concentration of NAA 0 and 0,02 mg/l. The most shoot (3,32 shoots/explant) was induced by 2 mg/l BA and it also has highest average number of leaves with 10.07 leaves/explant. Concentrations of 0 mg/l and 2 mg/l produced the fastest time of shoot emergence, namely 5.33 DAP and 5.73 DAP. Concentrations of 0 and 2 mg/l BA produced the most roots, namely 9.67 and 7.33 root/explant. The addition of 0.02 mg/l NAA can produce a lower number of shoots (1.45 shoots/explant). The interaction between BA and NAA resulted in the highest shoot height in the combination of BA 0 mg/l and NAA 0.02 mg/l, with a height of 3.61 cm. The percentage of explants that sprouted was 99.33%. Plants that survived 6 weeks after acclimatization reached 80%

Kata kunci: BA, Cassava, NAA, Organogenesis, Shoot Multiplication, Vamas-1

**PERBANYAKAN TUNAS UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz.)
VARIETAS VAMAS-1 SECARA IN VITRO DENGAN PENAMBAHAN
BENZIL ADENIN DAN *NAPHTHALENE ACETIC ACID***

Oleh

**Nabilla Syalsa Anisma
1914121028**

Skripsi

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

pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PERBANYAKAN TUNAS UBI KAYU
(*Manihot esculenta* Crantz.) VARIETAS
VAMAS-1 DENGAN PENAMBAHAN BENZIL
ADENIN DAN *NAPHTHALENE ACETIC
ACID***

Nama Mahasiswa : **Nabilla Syalsa Anisma**


NPM : **1914121028**

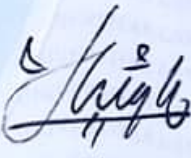
Jurusan : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


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


Ir. Rugayah, M.P.
NIP 196111071986032002

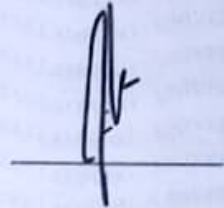
2. **Ketua Jurusan Agroteknologi**


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

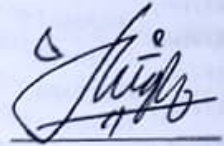
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

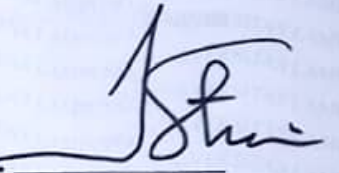
Pembimbing Utama : Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D.



Pembimbing Pembantu: Ir. Rugayah, M.P.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 7 Maret 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya berjudul “Perbanyak Tunas Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Varietas Vamas-1 dengan Penambahan Benzil Adenin dan *Naphthalene Acetic Acid*” 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 di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2024



Nabilla Syalsa Anisma
NPM 1914121028

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Nabilla Syalsa Anisma lahir di Desa Bedilan, Kecamatan Belitang, Kabupaten OKU Timur pada tanggal 25 April 2001 dari pasangan Bapak Wisnu Supartono dan Ibu Umi Mabruroh. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara, dan mempunyai adik bernama Dzakwan Nafiz Mauladin. Penulis bertempat tinggal di Desa Bedilan, Kecamatan Belitang, Kabupaten OKU Timur. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Bedilan pada tahun 2007. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Belitang Madang Raya pada tahun 2013. Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri Sumatera Selatan pada tahun 2016.

Penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung diterima pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis juga aktif pada kegiatan organisasi mahasiswa sebagai anggota Bidang Hubungan Eksternal Perma AGT periode 2021 dan sebagai Sekretaris Umum Perma AGT periode 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Lubuk Empelas, Kecamatan Lubuk Empelas, Kabupaten Muara Enim. Penulis melaksanakan program Praktik Umum (PU) di Sahabat Hidroponik Lampung yang berlokasi di Bandar Lampung pada bulan Juli- Agustus 2022.

**Karya sederhana ini saya persembahkan untuk
kedua orang tua tercinta Bapak Wisnu Supartono
dan Ibu Umi Mabruroh serta adik tercinta
Dzakwan Nafiz Mauladin atas do'a dan dukungan
yang terbaiknya.**

Almamater Tercinta Universitas Lampung

“Put Allah first and you will never be the last”

-Anonymous-

“Maha suci Allah yang jika Dia menghendaki, niscaya Dia jadikan bagimu yang lebih baik daripada itu, (yaitu) surga-surga yang mengalir dibawahnya sungai-sungai dan Dia jadikan istana-istana untukmu”

-Al-Furqan: 10-

“Cari peluang yang lebih banyak supaya kemungkinan keberhasilan lebih banyak juga”

-Wisnu Supartono-

“Ojo lali doa, diniati, dilakoni, ditelateni”

-Umi Mabruroh-

“Jangan takut gagal, sesungguhnya orang yang takut mencoba adalah orang gagal”

-Dzakwan Nafiz Mauladin-

“Laughter and tears, scars and healing, question and answers are all within you”

-Universe, EXO-

“It’s not always easy, but that’s life, be strong because there are better days ahead”

-Lee Mark, NCT-

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “ **Perbanyak Tunas Ubi Kayu Tunas Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Varietas Vamas-1 dengan Penambahan Benzil Adenin dan *Naphthalene Acetic Acid***” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pertanian di Universitas Lampung.

Dengan selesainya penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari segala bantuan arahan, nasihat, motivasi, dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Universitas Lampung;
3. Ibu Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing Pertama dalam penelitian yang telah meluangkan waktu, memberikan nasihat, dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi berlangsung;
4. Ibu Ir. Rugayah, M.P. selaku Pembimbing Kedua dalam penelitian yang telah meluangkan waktu, memberikan nasihat, dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi berlangsung;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc. selaku Penguji atas pemberian saran kepada penulis selama penulisan skripsi;
6. Bapak Akari Edy, S.P., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan dedikasi, motivasi, bimbingan, arahan, dan nasihat kepada penulis selama kuliah di Universitas Lampung

7. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Wisnu Supartono dan Ibu Umi Mabruroh serta adik penulis yaitu Dzakwan Nafiz Mauladin dan keluarga besar penulis atas do'a, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis;
8. Keluarga besar Laboratorium kultur jaringan Ibu Hayane A. Warganegara, S.P., M.Si., Titin Agustin, S.P., Panca Rahayu, S.P., Susanto, S.P., Ifan Maulana Putra, S.P., Ajeng Windi Astuti, S.P., Alipha Hapiyatna, S.P., dan Wahyudi, S.P. yang telah membantu, memberi motivasi, dukungan, saran dan kebersamaan penulis dalam penelitian;
9. *Cassava team* 2019 Anggun Permata, Jessy Mayasari, Lika Yuvita, Riska Yulisawati, Wahyu Erlangga, Muhammad Wahyudi, dan Alm. Yudhistira Haditya Permana yang telah berjuang bersama penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Lampung;
10. Presidium Perma AGT periode 2022 Andreas Putra Wijaya, Anggun Sari, Hudan Mutaqin, Hevira Intan Sari, Anggun Permata, Aldhi Apriand.S, Widi Riski Pebianti, Sella Aprilia Yusuf, Indriyanto, Lisa Oktavia, Muhammad Wahyudi, Deagita Pratiwi, Adinda Yuantira, dan Hilda Putri Soleha yang telah kebersamaan dan memberi semangat kepada penulis;
11. Semua teman-teman jurusan Agroteknologi angkatan 2019 tercinta yang telah bersama penulis selama masa perkuliahan;
12. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam penelitian dan skripsi ini, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, April 2024

Nabilla Syalsa Anisma

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| DAFTAR TABEL | iv |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| I.PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Kerangka Pemikiran | 5 |
| 1.6 Hipotesis | 8 |
| II.TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 Tanaman Ubikayu..... | 9 |
| 2.2 Kultur Jaringan | 11 |
| 2.3 Zat Pengatur Tumbuh | 14 |
| III. BAHAN DAN METODE | 17 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 17 |
| 3.3 Metode Penelitian | 17 |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian..... | 18 |
| 3.4.1 Sterilisasi alat tanam..... | 18 |
| 3.4.2 Pembuatan media..... | 19 |
| 3.4.3 Penanaman..... | 22 |
| 3.4.4 Aklimatisasi | 23 |
| 3.5 Variabel Pengamatan | 24 |
| IV.HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 27 |
| 4.1 Hasil..... | 27 |
| 4.1.1 Gambaran pertumbuhan eksplan..... | 27 |
| 4.1.2 Waktu muncul tunas | 29 |
| 4.1.3 Jumlah tunas..... | 29 |
| 4.1.4 Tinggi tunas | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.5 Persentase eksplan bertunas | 32 |
| 4.1.6 Jumlah daun | 33 |
| 4.1.7 Jumlah akar | 35 |
| 4.1.8 Panjang akar | 35 |
| 4.1.9 Persentase tanaman hidup pada tahap aklimatisasi..... | 38 |
| 4.2 Pembahasan | 40 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN | 50 |
| 5.1 Simpulan | 50 |
| 5.2 Saran | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN..... | 59 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Formulasi media Murashige and Skoog (1962) | 21 |
| 2. Waktu yang diperlukan pada tiap tahapan penelitian | 24 |
| 3. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian pengaruh BA dan NAA terhadap perbanyak tunas ubikayu Vamas-1 | 28 |
| 4. Pengaruh perlakuan benzil adenin terhadap rata-rata waktu muncul tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 29 |
| 5. Pengaruh perlakuan BA dan NAA terhadap variabel jumlah tunas pada ubikayu varietas Vamas-1 pada umur 9 MST (Transformasi $\sqrt{(X+0,5)}$) | 30 |
| 6. Persentase eksplan bertunas pada masing-masing perlakuan pada umur 2 MST | 33 |
| 7. Pengaruh perlakuan BA terhadap variabel jumlah daun pada ubikayu varietas Vamas-1 pada umur 9 MST | 34 |
| 8. Pengaruh perlakuan BA terhadap variabel jumlah akar ubikayu varietas Vamas-1 pada umur 5 minggu di media pengakaran | 35 |
| 9. Rata-rata variabel panjang akar ubikayu varietas Vamas-1 pada umur 5 minggu pada media pengakaran | 36 |
| 10. Persentase keberhasilan aklimatisasi planlet ubikayu varietas Vamas-1 | 38 |
| 11. Rata-rata waktu muncul tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 61 |
| 12. Uji homogenitas data waktu muncul tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 61 |
| 13. Analisa ragam data waktu muncul tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 62 |
| 14. Persentase eksplan bertunas ubikayu varietas Vamas-1 | 62 |
| 15. Rata-rata jumlah tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 62 |
| 16. Data transformasi SQRT+0,5 jumlah tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 63 |

| | |
|--|----|
| 17. Uji homogenitas data jumlah tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 63 |
| 18. Analisis ragam jumlah tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 64 |
| 19. Interaksi antara benzil adenin dengan penambahan <i>naphthalene acetic acid</i> pada variabel jumlah tunas | 64 |
| 20. Rata-rata tinggi tunas ubikayu varietas Vamas-1..... | 64 |
| 21. Data transformasi data tinggi tunas dengan menggunakan $\text{SQRT}+0,5$ | 65 |
| 22. Uji homogenitas data tinggi tunas ubi kayu varietas Vamas-1 | 65 |
| 23. Analisis ragam variabel tinggi tunas ubikayu varietas Vamas-1 | 66 |
| 24. Interaksi antara benzil adenin dengan penambahan <i>naphthalene acetic acid</i> pada variabel tinggi tunas | 66 |
| 25. Rata-rata jumlah daun ubikayu varietas Vamas-1 | 67 |
| 26. Uji homogenitas data jumlah daun ubikayu varietas Vamas-1 | 67 |
| 27. Analisis ragam data jumlah daun ubikayu varietas Vamas-1 | 68 |
| 28. Rata-rata jumlah akar ubikayu varietas Vamas-1 | 68 |
| 29. Uji homogenitas data jumlah akar ubikayu varietas Vamas-1 | 69 |
| 30. Analisis Ragam jumlah akar ubikayu varietas Vamas-1..... | 69 |
| 31. Rata-rata panjang akar ubikayu varietas Vamas-1 | 70 |
| 32. Uji Homogenitas panjang akar ubikayu varietas Vamas-1 | 70 |
| 33. Analisis ragam variabel panjang akar ubi kayu varietas Vamas-1 .. | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Diagram alir kerangka pemikiran | 7 |
| 2. Pada perlakuan BA 10 mg/l dan NAA 0 mg/l umur (a) 3 HST mata tunas mengalami pembengkakan dan (b) 10 HST tunas mulai muncul..... | 27 |
| 3. Pertumbuhan daun dan akar pada eksplan berumur 1 minggu yang ditanam pada media kontrol dan pertumbuhan kalus pada eksplan berumur 2 minggu pada perlakuan BA 2 mg/l dan NAA 0 mg/l..... | 28 |
| 4. Visualisasi jumlah tunas umur 9 MST pada media dengan penambahan BA..... | 30 |
| 5. Visualisasi jumlah tunas yang berumur 9 MST dengan konsentrasi BA 8 mg/l pada pemberian NAA 0,02 mg/l dan tanpa NAA | 31 |
| 6. Pengaruh interaksi BA dan NAA terhadap tinggi tunas ubikayu varietas Vamas-1 pada 9 minggu setelah induksi | 32 |
| 7. Tinggi tunas pada media dengan BA 2 mg/l dan NAA 0 mg/l (a) Umur 8 minggu pada media perlakuan dan (b) Umur 3 minggu pada media pembesaran | 32 |
| 8. Perbandingan eksplan umur 2 MST pada perlakuan BA 8 mg/l dan NAA 0 mg/l yang (a) eksplan bertunas dan (b) eksplan tidak bertunas | 33 |
| 9. Visualisasi pertumbuhan daun pada media dengan penambahan beberapa konsentrasi BA | 34 |
| 10. Visualisasi akar pada masing-masing perlakuan saat aklimatisasi | 37 |
| 11. Visualisasi planlet yang diaklimatisasi pada 5 MSA | 39 |
| 12. Visualisasi planlet dengan perlakuan BA 4 dan NAA 0 mg/l berumur: (a) 3 minggu setelah aklimatisasi dan (b) 6 minggu setelah aklimatisasi..... | 40 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) merupakan tanaman yang sudah lama dikenal dan dibudidayakan hampir di seluruh dunia. Di Indonesia, penyebaran ubikayu dimulai sejak tahun 1914-1918 sebagai alternatif pengganti makanan pokok (beras) (Thamrin dkk., 2013). Seiring perkembangannya, ubikayu menjadi makanan pokok nomor 3 di Indonesia setelah nasi dan jagung. Menurut Zulkarnain dkk. (2021) ubikayu dinyatakan sebagai tanaman pangan yang mendukung pemenuhan kebutuhan pangan nasional dan sedang diusahakan dalam peningkatan produksinya. Selain sebagai makanan pokok, ubikayu juga dibudidayakan sebagai komoditas agroindustri, berupa produk tepung tapioka, industri fermentasi, dan beberapa industri makanan. Kebutuhan ubikayu pun meningkat seiring dengan pemanfaatan ubikayu yang semakin beragam. Menurut Rozi dan Pudjiastuti (2019), permintaan ubikayu mengalami peningkatan setiap tahunnya dalam aspek pangan dan industri. Hal ini didukung dengan program pemerintah untuk menggunakan energi alternatif dari hasil pertanian seperti biodiesel dan bioetanol serta diversifikasi pangan berbasis pangan lokal ubikayu dengan memanfaatkan umbi dan daunnya, yaitu Peraturan Menteri Pertanian Nomor 15/Permentan/RC.110/2010.

Keberagaman jenis produk ubikayu yang semakin tinggi mengakibatkan kenaikan kebutuhan ubikayu. Berdasarkan data Direktorat Jendral Tanaman Pangan (2020) perkembangan produksi ubikayu di Indonesia pada periode 2015-2019 cenderung

mengalami penurunan, yaitu rata-rata 6,75% per tahun. Produksi ubikayu tahun 2015 sebanyak 21.801.415 ton dan mengalami penurunan produksi pada tahun 2019 sebanyak 16.350.370 ton. Penurunan produksi ubikayu ini sejalan dengan adanya penurunan luas panen ubikayu. Selain itu, lama masa panen juga mempengaruhi jumlah produksi ubikayu. Panasea (2021) menyatakan bahwa pemanenan ubikayu dilakukan setelah ubikayu berumur 8-12 bulan tergantung pada varietas yang digunakan, sehingga produksi ubikayu hanya dapat dilakukan satu kali dalam satu tahun.

Menurut Ariningsih (2016) penggunaan bibit varietas unggul yang berproduktivitas tinggi dan tahan hama dan penyakit merupakan salah satu aspek penting untuk dapat meningkatkan produksi ubikayu. Dalam hal ini, Badan Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) telah merilis varietas ubikayu Vamas-1 pada tahun 2020. Vamas-1 merupakan varietas ubikayu dengan produksi tinggi, berumur genjah, lebih tahan hama dan penyakit, serta sesuai untuk bahan pangan. Setiawan dkk. (2023) menyatakan bahwa klon Vamas-1 yang dipanen pada umur 7 BST dapat menghasilkan bobot umbi terberat 36,1 ton/ha dengan kandungan pati 20,6%. Dengan umur panen 7 bulan, varietas ini dapat dipanen sebanyak 2 kali dalam setahun, sehingga dapat meningkatkan produksi ubikayu per tahun.

Varietas ubikayu Vamas-1 telah diintroduksi kepada masyarakat pada 2020, namun bibit varietas tersebut masih sangat terbatas jumlahnya. Pendistribusian bibit ubikayu masih terbatas karena dalam produksi bibitnya, satu tanaman ubikayu hanya dapat menghasilkan 10 stek dalam waktu 8-10 bulan. Sedangkan untuk penanaman ubikayu diperlukan 10.000-14.000 stek per hektarnya. Waktu untuk mendapatkan bibit yang lama menjadi hambatan dalam penyebaran dan penyediaan bibit ubikayu varietas Vamas-1 kepada petani. Oleh karena itu, diperlukan teknik perbanyakan tanaman yang dapat menghasilkan stek lebih banyak dalam waktu yang lebih cepat untuk memenuhi kebutuhan bibit ubikayu, khususnya varietas Vamas-1. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan teknik kultur jaringan. Menurut Rahman dkk. (2021) Teknik kultur jaringan dapat

menghasilkan jumlah bibit tanaman yang lebih banyak, hemat tempat, dan hemat biaya dibandingkan dengan perbanyakan konvensional. Loyola-Vargas dan Vazques-Flota (2006) menyatakan bahwa teknik kultur jaringan telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, seperti multiplikasi tanaman-tanaman unik, eksplorasi tanaman langka, rekayasa genetika tanaman dan metabolisme senyawa kimia tertentu, dan sistem model dalam fisiologi sel tanaman. Sehingga, apabila dilakukan perbanyakan ubikayu varietas Vamas-1 dengan menggunakan teknik kultur jaringan penyediaan bibit akan lebih efisien.

Yusnita (2015) menyebutkan bahwa terdapat 3 pola regenerasi tanaman dalam kultur jaringan, yaitu embriogenesis, organogenesis, dan perbanyakan tunas aksilar. Embriogenesis somatik pada tanaman adalah proses pembentukan embrio dari sel-sel somatik atau sel-sel tubuh (bukan sel kelamin) (Hapsoro dan Yusnita, 2022). Dinika dkk. (2021) menjelaskan bahwa organogenesis merupakan proses pembentukan organ tumbuhan. Perbanyakan tunas aksilar merupakan salah satu jenis kultur *in vitro* dengan menggunakan eksplan berupa tunas aksilar. Perbanyakan secara kultur jaringan memiliki beberapa faktor yang dapat menentukan keberhasilan dalam perbanyakan. Menurut Rahman dkk. (2021), faktor yang menentukan keberhasilan kultur jaringan antara lain genotipe, jenis eksplan, dan komposisi media. Untuk mengoptimalkan perbanyakan dan perkembangan eksplan, pada media ditambahkan komposisi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang tepat. Harjadi (2009) mengemukakan efektivitas ZPT ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain jenis ZPT yang digunakan, konsentrasi, urutan penggunaan dan waktu induksi dalam kultur. ZPT yang banyak digunakan dalam kultur jaringan adalah golongan auksin dan sitokinin.

Zat pengatur tumbuh berperan penting dalam mengatur kecepatan pertumbuhan jaringan tumbuhan dan mengintegrasikan bagian-bagian tersebut untuk menghasilkan organ atau jaringan baru. Menurut Mutryarny dkk. (2022) zat pengatur tumbuh eksogen yang ditambahkan pada media berinteraksi dengan zat pengatur tumbuh endogen yang diproduksi oleh tanaman sehingga dapat mempengaruhi pembentukan organ seperti tunas atau akar. Penambahan zat pengatur tumbuh

berupa auksin atau sitokinin dapat meningkatkan konsentrasi zat pengatur tumbuh endogen sehingga memicu proses tumbuh dan kembang jaringan. Zat Pengatur Tumbuh dari golongan sitokinin yang banyak digunakan dalam kultur jaringan adalah benzil adenin (BA) yang digunakan untuk memacu penggandaan tunas. BA mempunyai struktur kimia yang sama dengan kinetin, namun BA lebih efektif karena memiliki gugus benzil. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sessou dkk. (2020) yang melaporkan bahwa eksplan yang ditanam pada media MS dengan penambahan BA 10 mg/l dapat memperoleh jumlah mata tunas terbanyak, yaitu berjumlah 25 tunas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Faye dkk. (2015) penggunaan sitokinin untuk menginduksi tunas pada ubikayu paling banyak menggunakan BA saja atau dikombinasikan dengan auksin seperti *Naphthalene acetic acid* (NAA). Penelitian Kabir dkk. (2015) menunjukkan bahwa media MS dengan penambahan 2 mg/l BA dan 0,1 mg/l NAA merupakan kombinasi terbaik untuk multiplikasi tunas pada subkultur ketiga yang menghasilkan 90% eksplan memiliki tunas yang bermultiplikasi. Kombinasi BA dan NAA menunjukkan hasil yang lebih baik dalam menginisiasi multiplikasi tunas baik pada tanaman ubikayu maupun pada spesies tanaman lainnya. Selain mendukung pertumbuhan tunas, NAA juga menstimulasi pembentukan akar. Demeke dkk. (2014) menyatakan bahwa penggunaan NAA sebanyak 0,5 mg/l menghasilkan rata-rata 6,14 akar dalam 4 minggu setelah subkultur. Namun demikian, Yusnita (2015) menyatakan bahwa terdapat interaksi nyata antara ZPT dengan faktor genetik tanaman, sehingga kebutuhan jenis dan konsentrasi ZPT sebagai stimuli dalam regenerasi organ bersifat *species-specific*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh benzil adenin pada beberapa taraf konsentrasi terhadap perbanyak tunas ubikayu secara *in vitro*

2. Apakah terdapat pengaruh penambahan *naphthalene acetic acid* pada media MS terhadap perbanyakan tunas ubikayu secara *in vitro*
3. Apakah terdapat pengaruh penambahan *naphthalene acetic acid* pada beberapa konsentrasi benzil adenin terhadap perbanyakan tunas ubikayu secara *in vitro*

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diperoleh media yang efektif untuk menginduksi tunas ubikayu secara *in vitro* sehingga dapat membantu dalam pengadaan dan penyediaan benih ubikayu varietas Vamas-1 ditingkat petani ataupun industri.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui konsentrasi benzil adenin terbaik untuk perbanyakan tunas ubikayu varietas Vamas-1
2. Mengetahui pengaruh penambahan *naphthalene acetic acid* terhadap perbanyakan tunas ubikayu varietas Vamas-1
3. Mengetahui pengaruh *naphthalene acetic acid* pada masing-masing konsentrasi benzil adenin terhadap perbanyakan tunas ubikayu varietas Vamas-1

1.5 Kerangka Pemikiran

Di Indonesia permintaan ubikayu semakin meningkat, terutama pada sektor industri. Ubikayu banyak digunakan sebagai makanan pokok pengganti beras dan juga bahan industri untuk pembuatan tepung tapioka dan bahan industri lainnya. Peningkatan kebutuhan ubikayu harus didukung dengan peningkatan produksi ubikayu, baik secara kuantitas maupun kualitas. Dari segi kuantitas peningkatan produksi dapat dilakukan dengan peningkatan luas areal tanam, namun dalam hal ini peningkatan kuantitas produksi ubikayu akan membutuhkan jumlah bibit yang

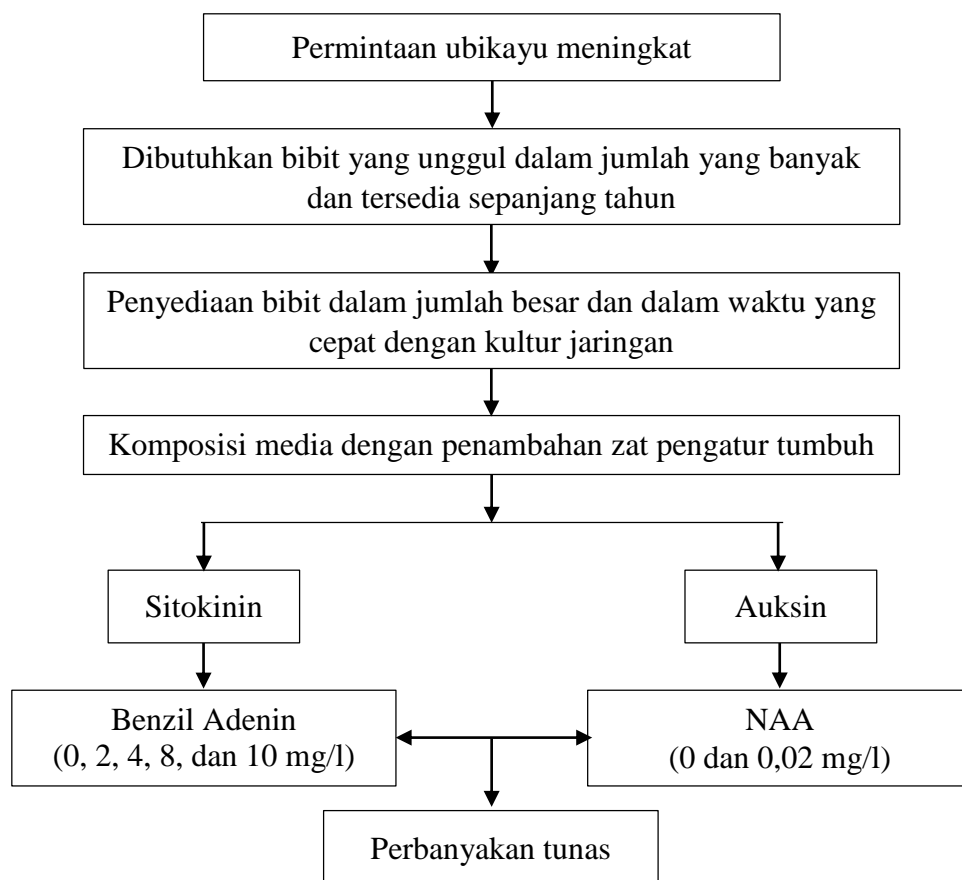
lebih banyak karena lahan tanam yang lebih luas. Peningkatan kualitas dapat dilakukan dengan penggunaan bahan tanam dengan varietas unggul. Bibit unggul yang telah diintroduksi pada dasarnya memiliki jumlah yang terbatas sehingga perlu diperbanyak untuk dapat dibudidayakan oleh petani.

Selanjutnya, untuk meningkatkan kualitas hasil produksi, diperlukan bibit dengan varietas yang unggul. Varietas Vamas-1 merupakan salah satu varietas yang dikeluarkan oleh Balitkabi pada tahun 2020. Varietas Vamas-1 memiliki sifat yang toleran terhadap tanah yang lebih masam seperti tanah di Provinsi Lampung yang hampir 75% merupakan lahan kering masam. Selain itu, varietas Vamas-1 juga memiliki kadar pati yang lebih tinggi dibandingkan varietas ubikayu lain seperti UJ-5 dan UJ-3. Varietas Vamas-1 juga merupakan varietas ubikayu dengan umur genjah yang dapat dipanen ketika berumur kurang lebih 7 bulan setelah tanam. Keunggulan yang dimiliki varietas Vamas-1 menjadi peluang bagi petani untuk dapat meningkatkan produksi ubikayu. Meskipun sudah memiliki varietas yang unggul, varietas tersebut harus disebarakan ke petani sehingga dapat dibudidayakan oleh petani. Untuk penyebaran varietas tersebut, perlu dilakukan perbanyakan dengan waktu yang relatif cepat dan dalam jumlah banyak. Ubikayu dapat menghasilkan bibit dalam jangka waktu 8-10 bulan dengan jumlah bibit 5-10 bibit per pohon. Hal tersebut menjadi salah satu faktor penghambat dalam proses penyebaran bibit untuk dapat mencapai jumlah produksi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, untuk penyebaran bibit varietas Vamas-1 menggunakan teknik kultur jaringan, sehingga dapat menghasilkan bibit yang dapat memenuhi kebutuhan petani.

Dalam kultur jaringan, salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah media yang digunakan. Pada umumnya, kultur jaringan menggunakan media dasar yang memenuhi kebutuhan hara esensial makro dan mikro tanaman serta ditambahkan komposisi tambahan seperti zat pengatur tumbuh. Zat pengatur tumbuh yang biasa ditambahkan dalam media kultur jaringan adalah golongan sitokinin dan golongan auksin. Sitokinin berfungsi untuk mengatur pembelahan sel, morfogenesis, diferensiasi sel,

merangsang pertumbuhan tunas samping, multiplikasi tunas aksilar dan mencegah dominasi tunas apikal. Jenis sitokinin yang banyak digunakan dalam kultur jaringan adalah benzil adenin. Sedangkan auksin berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan tunas dengan mendorong produktivitas jaringan meristem. Jenis auksin yang lebih banyak digunakan dalam kultur jaringan adalah *naphthalene acetic acid*.

Penggunaan media tanam dengan penambahan zat pengatur tumbuh berupa benzil adenin dan *naphthalene acetic acid* diharapkan mampu merangsang pertumbuhan tunas pada eksplan. Bahan tanam yang digunakan berupa satu buku batang ubikayu dari varietas Vamas-1 yang memiliki satu buah mata tunas. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui konsentrasi BA yang tepat untuk multiplikasi tunas ubikayu varietas Vamas-1 serta pengaruh penambahan NAA pada media dasar MS. Bagan alir kerangka pemikiran penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka diperoleh hipotesis sebagai berikut.

1. Media dengan penambahan benzil adenin dengan konsentrasi 10 mg/l merupakan konsentrasi terbaik untuk perbanyak tunas ubikayu varietas Vamas-1
2. Penambahan NAA 0,02 mg/l dapat mempengaruhi jumlah tunas yang terbentuk pada eksplan tunas ubikayu varietas Vamas-1
3. Interaksi zat pengatur tumbuh benzil adenin 10 mg/l dan NAA 0,02 mg/l dapat memacu multiplikasi tunas ubikayu varietas Vamas-1

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Ubikayu

Ubikayu merupakan tanaman yang termasuk golongan tanaman perdu. Ubikayu berasal dari Brazil dan sudah menyebar ke seluruh dunia, termasuk Indonesia. Saat ini, ubikayu dimanfaatkan sebagai bahan makanan utama pengganti padi karena kandungan karbohidratnya yang tinggi. Ubikayu mengandung 60% air, 25-36% pati dan mengandung protein, mineral, serat, kalsium, dan fosfat (Taufiq, 2022). Ubikayu menjadi bahan pangan dengan sumber energi tertinggi (121 kalori/100 g) dibandingkan dengan bahan pangan lainnya. Yudha dkk. (2023) menyatakan bahwa ubikayu tidak hanya dimanfaatkan sebagai produk pangan, tetapi juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dan pakan ternak. Dikutip dari Asmaraningrum dkk. (2022), klasifikasi tanaman ubikayu sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Euphorbiales
Famili : Euphorbiaceae
Genus : Manihot
Spesies : *Manihot esculenta* Crantz.

Ubikayu dikenal dengan tanaman yang seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan. Ubikayu memiliki batang berkayu, bulat, panjang, dan berbuku-buku. Panjang batang ubikayu berkisar antara 2-3 m (Asmaraningrum dkk., 2022). Menurut

Rukmana (2002) batang tanaman ubikayu berbentuk bulat dengan diameter 2,5 - 4 cm. Warna batang ubikayu yang masih muda pada umumnya adalah hijau, sedangkan ubikayu tua berbatang keputih-putihan kelabu, atau coklat kelabu. Ubikayu memiliki empulur batang yang berwarna putih, lunak, dengan struktur empuk seperti gabus (Restiani dkk., 2014). Umbi ubikayu terdiri dari 3 lapis, yaitu kulit luar berwarna coklat, lapisan kulit dalam berwarna putih atau kekuningan, dan lapisan daging berwarna putih atau putih kekuningan sesuai klonnya. Umbi dapat membesar karena diantara kulit dalam dan kulit luar terdapat jaringan kambium.

Daun ubikayu merupakan daun tunggal dengan tulang daun menjari. Ubikayu memiliki daun yang muncul di sepanjang batang. Daun ubikayu berwarna kehijauan dan tulang daun yang majemuk dan menjari dengan anak daun berbentuk elips yang berujung runcing. Daun muda ubikayu berwarna hijau kekuningan atau keunguan, sedangkan daun dewasa berwarna hijau tua dengan jumlah tiap daun 5-7 helai. Tangkai daun ubikayu berwarna hijau, merah, kuning, atau kombinasi (Najiyati dan Danarti, 2002).

Setelah kurang lebih 9 bulan setelah tanam, ubikayu akan menghasilkan bunga sebagai indikasi tanaman akan berbuah. Ubikayu memiliki bunga jantan dan bunga betina yg terpisah dalam satu pohon (berumah tunggal). Bunga betina memiliki tonjolan pada dasar bunga yang berwarna kuning serta mengelilingi calon buah. Ukuran bunga jantan lebih kecil dibandingkan dengan bunga betina dengan pedicel bunga yang tipis, kuat, dan sangat pendek (Richana, 2012). Menurut Restiani dkk. (2014) bunga betina lebih dulu muncul dan matang dibandingkan dengan bunga jantan. Apabila selama 24 jam bunga betina tidak dibuahi, maka bunga akan layu dan gugur.

Menurut Asmaraningrum dkk. (2022) tanaman ubikayu membutuhkan curah hujan antara 1.500-2.500 mm/tahun dengan kelembapan udara optimal antara 60-65%. Kondisi tanah yang sesuai untuk tanaman ubikayu adalah jenis tanah yang berstruktur remah, gembur, tidak terlalu liat dan tidak terlalu porous. Tanah yang berstruktur remah memiliki sirkulasi udara yang baik dan memudahkan

pertumbuhan umbi ubikayu. Umumnya ubikayu baik ditanam pada tanah dengan pH 4,5-8. Secara komersial, ubikayu diperbanyak dengan stek batang yang diperoleh dari panen sebelumnya. Perbanyakan juga dapat dilakukan menggunakan benih, namun hal ini dilakukan oleh pemulia tanaman untuk mencari varietas unggul. Jika digunakan untuk konsumsi, ubikayu dapat dipanen pada umur 9-10 bulan, namun untuk industri dipanen pada umur lebih dari 12 bulan (Restiani dkk., 2014).

Terdapat beberapa klon dan varietas ubikayu yang telah dibudidayakan di Indonesia. Beberapa varietas tersebut antara lain varietas Adira 1, Adira 4, Darul Hidayah, Malang 4, Malang 6, UJ-3, UJ-5, Vati 1, Vati 2, dan Vamas 1. Berdasarkan penelitian Sholihin (2022) ubikayu varietas Vamas-1 memiliki daun muda (daun yang belum sepenuhnya terbuka) yang berwarna hijau kecoklatan, sedangkan daun tua berwarna hijau. Batang muda dari varietas ini berwarna hijau muda dan akan menjadi abu-abu kecoklatan ketika sudah tua. Tangkai daun yang bagian atas berwarna hijau kemerah-merahan, sedangkan bagian bawahnya berwarna hijau muda. Bagian periderm berwarna krim, sama dengan warna dari korteks varietas ini. Akar ubikayu varietas Vamas-1 berwarna putih.

2.2 Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan metode untuk mengisolasi bagian dari tanaman, baik protoplasma, sel, jaringan, dan organ, serta menumbuhkannya dalam kondisi aseptik, sehingga dapat memperbanyak individu dan beregenerasi menjadi tanaman kembali. Kultur jaringan berkembang dilandasi pada teori sel yang dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann serta teori totipotensi sel yang dikemukakan oleh Haberlandt. Teori sel menyatakan bahwa sel merupakan satuan biologi terkecil yang mampu melakukan segala aktivitas hidup seperti gerak, tumbuh, metabolisme dan reproduksi. Sedangkan teori totipotensi sel menyatakan bahwa setiap sel tumbuhan memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan baru yang utuh serta dapat membentuk senyawa metabolit

primer dan sekunder seperti tanaman induknya pada lingkungan yang tepat (Habibah dkk., 2021).

Kultur jaringan didasarkan pada tiga kemampuan dasar tanaman, yaitu totipotensi, dediferensiasi dan kompetensi. Totipotensi merupakan potensi atau kemampuan dari sebuah sel untuk tumbuh dan berkembang menjadi tanaman utuh dengan stimulasi yang tepat. Dediferensiasi adalah kemampuan sel-sel dewasa untuk kembali ke kondisi meristematik dan berkembang dari satu titik pertumbuhan baru yang diikuti oleh rediferensiasi yang mampu melakukan reorganisasi menjadi organ baru. Kompetensi merupakan kemampuan endogen dari sel atau jaringan untuk tumbuh dan berkembang dalam jalur tertentu (Habibah dkk., 2021).

Perbanyakan dengan menggunakan teknik kultur jaringan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode perbanyakan konvensional antara lain, menghasilkan anakan yang bersifat *true-to-type* (memiliki genotipe yang sama dengan induknya), menghasilkan tumbuhan dewasa yang relatif cepat, menghasilkan tumbuhan yang merupakan hasil regenerasi sel yang telah dimodifikasi, efisien dalam penggunaan lahan, dan tidak tergantung pada faktor lingkungan. Teknik kultur jaringan dapat berperan dalam perbaikan genetik tanaman melalui persilangan tanaman dengan mengidentifikasi gen-gen sifat unggul untuk diisolasi dan dimodifikasi serta ditransfer pada protoplas sel, atau jaringan kalus tanaman tertentu. Selanjutnya, akan dihasilkan tanaman baru hasil kultur jaringan yang disebut planlet. Untuk menjaga kecukupan nutrisi dan menghindari akumulasi produk samping metabolisme yang dapat mengganggu pertumbuhan maka perlu dilakukan subkultur. Subkultur merupakan proses memindahkan jaringan yang telah diseleksi dari suatu media kultur ke media kultur lain dengan komposisi sama ataupun berbeda (Mastuti, 2017).

Tahap awal yang sangat penting dalam kultur jaringan adalah sterilisasi eksplan. Eksplan merupakan bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan tanam dalam kultur jaringan. Eksplan yang digunakan dalam kultur jaringan dapat berupa bagian ujung tunas, potongan daun, potongan batang berbuku, ujung akar, bagian-bagian bunga, atau bagian-bagian biji. Setiap bagian tanaman memiliki

kompetensi yang berbeda dalam persepsi atau responnya terhadap ZPT dan lingkungan mikro yang dibentuk. Jaringan tanaman yang masih muda (di sekitar meristem apikal) mempunyai daya regenerasi yang lebih baik dibandingkan jaringan tanaman yang lebih tua (Yusnita, 2015).

Perbanyakan tanaman dalam kultur jaringan dapat dilakukan melalui organogenesis dan embriogenesis somatik. Organogenesis merupakan diferensiasi meristem unipolar menghasilkan ujung tunas (*shoot tip*) yang akan menjadi tunas atau ujung akar akan menjadi bagian akar. Organogenesis dapat terjadi secara langsung atau tidak langsung. Organogenesis yang terjadi secara langsung ditandai dengan eksplan yang ditanam langsung beregenerasi membentuk tunas dan daun setelah eksplan disubkultur ke media baru. Sedangkan organogenesis secara tidak langsung terjadi ditandai dengan pembentukan organ-organ setelah eksplan beregenerasi menjadi kalus (Suminar dkk., 2017). Organogenesis terdiri dari 2 tahap induksi, yaitu tahap pembentukan tunas dan tahap induksi pembentukan akar. Induksi pembentukan tunas dirangsang dengan penambahan zat pengatur tumbuh yang berasal dari golongan sitokinin. Sedangkan pada proses induksi pembentukan akar diberikan tambahan zat pengatur tumbuh golongan auksin pada media tanam (Yuliarti dan Suyantoro, 2010).

Menurut Lina dkk. (2013), kalus merupakan proliferasi massa jaringan yang belum terdiferensiasi dan dapat terbentuk pada seluruh bagian permukaan irisan eksplan. Pembentukan kalus dalam proses regenerasi tanaman dapat menghasilkan tunas dari sel-sel baru, bukan berasal dari meristem sebelumnya. Wahyuni dkk. (2020) menyatakan bahwa persentase eksplan berkalus yang tinggi menunjukkan bahwa eksplan memiliki respon yang kuat dalam menyerap unsur hara pada media sehingga terjadi perkembangan jaringan untuk membentuk kalus. Eksplan yang berasal dari jaringan muda memiliki sifat meristematik yang aktif membelah. Sehingga apabila jaringan ini berinteraksi dengan zat pengatur tumbuh dari kelompok auksin dan sitokinin pada media, maka sel-sel akan mengalami proliferasi membentuk kalus (Satria dkk., 1999). Menurut Suminar dkk. (2017) pada organogenesis tidak langsung, kalus yang terbentuk selanjutnya akan

beregenerasi menjadi organ-organ tanaman seperti tunas, daun, akar. Sharma dkk. (2021) melaporkan bahwa pada tanaman citrus yang ditanam pada media MS dengan penambahan BA dan NAA, kalus yang terbentuk mengalami regenerasi menjadi tunas.

Eksplan yang diperbanyak secara *in vitro* memerlukan unsur hara esensial baik makro maupun mikro. Untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tersebut, media yang digunakan harus mengandung unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman. Unsur hara esensial tersebut antara lain, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Ni, dan Cl. Selain unsur hara, tanaman juga membutuhkan suplai energi, yang diperoleh dari sukrosa atau jenis gula lainnya yang ditambahkan pada media tanam. Media kultur jaringan juga mengandung bahan organik seperti vitamin, asam amino, dan heksitol yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Bahan organik ini bersifat opsional dan dapat digantikan dengan berbagai addenda seperti air kelapa, jus wortel, kentang, nanas, dan tomat. Saat ini, formulasi media yang banyak digunakan untuk kultur jaringan adalah formulasi media Murashige dan Skoog (1962) dikenal dengan sebutan media MS (Yusnita, 2015).

2.3 Zat Pengatur Tumbuh

Komponen media kultur jaringan terdiri dari media dasar dan zat pengatur tumbuh. Menurut Yusnita (2015) zat pengatur tumbuh secara khusus mengontrol dan mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Meskipun menggunakan media dasar yang sama, kebutuhan zat pengatur tumbuh setiap tanaman berbeda-beda. Perbedaan spesies, varietas, umur fisiologi, umur ontogenik dan bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan dapat mempengaruhi jenis dan konsentrasi ZPT yang digunakan. Mardhiyetti dkk. (2015) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh pada tanaman adalah senyawa organik yang bukan hara yang dapat mendukung, menghambat dan mengubah proses fisiologi tumbuhan meskipun dalam jumlah yang sedikit. Pada media kultur jaringan sering ditambahkan zat pengatur tumbuh golongan auksin dan

sitokinin. Menurut Wahyudi dkk. (2013), penambahan zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin dapat mempengaruhi pertumbuhan dan organogenesis dalam kultur jaringan.

Sitokinin merupakan zat pengatur tumbuh yang berperan dalam mengatur pembelahan sel serta mempengaruhi diferensiasi tunas pada jaringan kalus. Sitokinin memiliki struktur seperti adenin yang mampu memacu terjadinya pembelahan sel. Sitokinin memiliki rantai samping yang kaya akan karbon dan hidrogen yang melekat di nitrogen bagian puncak cincin purinnya. Beberapa jenis sitokinin sintesis antara lain BA, 2-iP, IPA, PA, kinetin dan thidiazuron. Sedangkan yang tergolong sitokinin alami (endogen) adalah zeatin dan dihidrozeatin. Secara alami sitokinin terletak pada embrio, akar dan buah, namun sitokinin dapat berpindah dari akar ke organ lainnya pada tanaman. BA merupakan jenis sitokinin yang paling sering digunakan karena efektif mendorong proliferasi tunas (Asra dkk., 2020).

Auksin secara alami ditemukan pada beberapa bagian tanaman, seperti ujung akar, batang, dan daun. Dalam kultur jaringan penggunaan zat pengatur tumbuh golongan auksin dapat merangsang pertumbuhan kalus dan suspensi sel dan organ. Auksin memiliki peranan dalam pertumbuhan sel, dominasi apikal, dan pembentukan kalus. Sari dkk. (2019) menambahkan bahwa tanaman memerlukan penambahan auksin sintetik untuk meningkatkan kadar auksin endogen dalam tanaman sehingga mendorong pertumbuhan tanaman. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alpriyan dan Karyawati (2018), auksin sintesis merupakan salah satu dari beberapa hormon tumbuh yang dapat mempercepat pembentukan tunas dan pertumbuhan akar, sehingga dapat mempercepat pembentukan daun yang berfungsi sebagai organ fotosintesis dan meningkatkan penyerapan unsur hara ke dalam sel tanaman. Beberapa jenis auksin sintesis antara lain *Indole 3-butyric acid* (IBA), *Naphthalene Acetic Acid* (NAA), dan *Indole Acetic Acid* (IAA). *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) disebut juga dengan *Naphthalene acetic acid* merupakan jenis auksin sintesis yang ditambahkan dalam media tanam karena memiliki sifat yang lebih stabil dibandingkan dengan jenis auksin sintesis lainnya,

selain itu NAA tidak mudah terurai oleh enzim yang dikeluarkan oleh sel atau pemanasan pada proses sterilisasi (Mardhiyetti dkk., 2015).

Interaksi antara zat pengatur tumbuh golongan auksin dan sitokinin yang ditambahkan dalam media akan mempengaruhi proses-proses pertumbuhan dan morfogenesis. Dwiyani (2015) mengemukakan bahwa perbandingan auksin yang lebih tinggi dari sitokinin akan menstimulasi terbentuknya akar, sedangkan apabila konsentrasi sitokinin yang lebih tinggi akan menstimulasi terbentuknya tunas. Hasil penelitian Alfarisi (2019) menunjukkan bahwa komposisi terbaik untuk pertumbuhan tunas pada tanaman asam gelugur adalah dengan penambahan 0,4 mg/l NAA dan 1,5 mg/l BA atau 0,2 mg/l NAA dan 1 mg/l BA. Hasil percobaan Yelli dkk. (2022) pada beberapa klon ubikayu menunjukkan bahwa kombinasi BA dan NAA dapat membentuk tunas dengan persentase 75-100% pada varietas UJ-3 dan klon BW-1. Dalam penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa konsentrasi rendah (BA 0,4 mg/l dan NAA 0,05 mg/l) dapat meningkatkan jumlah tunas pada klon Unila UK-1. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penambahan BA dan NAA pada media MS berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perbanyakan tunas ubikayu secara *in vitro*. Sementara itu, hasil penelitian Nugroho dkk. (2016) dengan penambahan BA 3 mg/l pada media dasar MS menunjukkan pertambahan tinggi tunas yang lambat pada 7 HST, namun jumlah tunas yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan pertumbuhan tunas pada 7 HST mengacu pada pembentukan tunas sehingga jumlah tunas yang terbentuk lebih banyak.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dilakukan pada bulan Mei hingga November 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi autoklaf (*buddenberg* dan *tommy*), destilator, timbangan digital, timbangan analitik, botol kultur, *Laminar Air Flow Cabinet*, rak kultur, karet, plastik, pinset, *scalpel handle*, *blade*, ubin, tisu, gelas ukur, gelas beaker, botol semprot, erlenmeyer, pipet tetes, mikropipet, keranjang, kereta dorong, bak air, ember, gayung, sikat pembersih, panci, spatula, botol Schott, *sprayer*, *showcase*, kompor, korek api, bunsen, *magnetic stirrer*, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi eksplan ubikayu varietas Vamas-1, media Murashige and Skoog (MS), zat pengatur tumbuh berupa benzil adenin dan *naphthalene acetic acid*, akuades, air, agar-agar, spirtus, deterjen, Bayclin (NaOCl 5,25%), sukrosa, sabun cuci piring, KOH 1N, dan HCl 1N.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 5x2. Faktor pertama pada penelitian ini adalah konsentrasi benzil adenin (BA), yaitu 0, 2, 4, 8,

dan 10 mg/l. Faktor kedua pada penelitian ini adalah penambahan *naphthalene acetic acid* (NAA) dengan konsentrasi 0,02 mg/l. Berdasarkan rancangan tersebut, maka diperoleh 10 kombinasi perlakuan, yaitu:

1. B0N0 = MS + BA 0 mg/l + NAA 0 mg/l
2. B0N1 = MS + BA 0 mg/l + NAA 0,02 mg/l
3. B1N0 = MS + BA 2 mg/l + NAA 0 mg/l
4. B1N1 = MS + BA 2 mg/l + NAA 0,02 mg/l
5. B2N0 = MS + BA 4 mg/l + NAA 0 mg/l
6. B2N1 = MS + BA 4 mg/l + NAA 0,02 mg/l
7. B3N0 = MS + BA 8 mg/l + NAA 0 mg/l
8. B3N1 = MS + BA 8 mg/l + NAA 0,02 mg/l
9. B4N0 = MS + BA 10 mg/l + NAA 0 mg/l
10. B4N1 = MS + BA 10 mg/l + NAA 0,02 mg/l

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 5 ulangan. Satu ulangan terdiri dari 3 botol yang masing-masing ditanam satu eksplan, sehingga total setiap perlakuan adalah 15 eksplan, sehingga total eksplan yang digunakan pada penelitian ini adalah 150 eksplan. Data yang diperoleh dianalisis dan diolah dengan menggunakan uji homogenitas dan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf 5%. Data yang menunjukkan adanya pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf 5% untuk mengetahui perbedaan secara statistik dari nilai rata-rata perlakuan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Sterilisasi alat tanam

Alat-alat yang disterilisasi untuk penanaman adalah botol tanam, pinset, ubin, dan gagang scalpel. Botol tanam disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1,2 kg/cm³ selama 30 menit. Kemudian botol direndam selama 24 jam dengan tambahan 150 ml bayclin dan deterjen. Botol yang telah direndam dicuci dengan menggunakan sikat pada bagian dalam dan luar botol. Botol yang

sudah bersih dibilas pada air mengalir untuk menghilangkan sisa sabun yang tersisa pada botol. Botol kemudian direndam dengan menggunakan air hangat selama 30 menit. Setelah ditiriskan, botol ditutup dengan plastik dan diikat dengan karet. Botol yang sudah dicuci kemudian disterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Alat-alat diseksi seperti pinset, gagang scalpel, dan ubin dibungkus menggunakan kertas dan plastik dan diautoklaf selama 30 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1,2 kg/cm³.

3.4.2 Pembuatan media

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis media, yakni media pre-kondisi, media perlakuan dan media pengakaran. Media yang digunakan sebagai media dasar adalah media MS (Murashige and Skoog, 1962). Media pre-kondisi merupakan media yang bertujuan untuk mendapatkan tunas steril sebelum ditanam pada media perlakuan. Media pre-kondisi yang digunakan adalah media dasar MS. Media dibuat dengan melarutkan komponen-komponen media yang sesuai dengan formulasi media Murashige dan Skoog (1962) pada Tabel 1. Selain sebagai media pre-kondisi, media MS juga digunakan sebagai media pembesaran. Media perlakuan adalah media yang digunakan untuk perbanyak tunas. Media perlakuan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan media dasar MS yang ditambahkan dengan zat pengatur tumbuh dengan jenis dan konsentrasi masing-masing.

Bahan-bahan yang tertera pada Tabel 1 ditimbang dan dibuat menjadi larutan stok. Pembuatan media MS terdiri dari beberapa larutan stok, yaitu stok makro, stok mikro A, stok mikro B, stok CaCl₂, stok Fe-EDTA, stok vitamin MS, dan stok Mio-Inositol. Larutan stok kemudian disimpan di lemari pendingin (*showcase*). Larutan stok yang telah dibuat kemudian diukur sesuai konsentrasinya masing-masing lalu dicampurkan dalam wadah. Setelah itu, ditambahkan gula sebanyak 30 g/l pada campuran larutan media dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 5 menit. Larutan media kemudian ditera dengan menggunakan aquades hingga mencapai volume 1 liter. Larutan

media kemudian diukur pH-nya. Apabila pH larutan media kurang dari 5,8 maka ditambahkan KOH 1N menggunakan pipet tetes untuk meningkatkan pH, namun apabila pH larutan media melebihi 5,8 maka pH diturunkan dengan menambahkan HCl 1N menggunakan pipet tetes. Media dimasak dan ditambahkan bubuk agar-agar sebanyak 7 g/l hingga mendidih. Setelah mendidih, media dimasukkan ke dalam botol kultur. Media yang sudah dimasukkan ke dalam botol kemudian disterilisasi dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1,2 kg/cm³.

Tabel 1. Formulasi media Murashige and Skoog (1962)

| Komponen Media | Konsentrasi dalam media MS (mg/l) | Konsentrasi dalam larutan stok (mg/l) | Volume larutan stok yang dibutuhkan per liter media (ml) |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Stok Makro (10x) | | | |
| NH ₄ NO ₃ | 1650 | 16500 | 100 |
| KNO ₃ | 1900 | 19000 | |
| MgSO ₄ .7H ₂ O | 370 | 3700 | |
| KH ₂ PO ₄ | 170 | 1700 | |
| Stok CaCl₂ (100x) | | | |
| CaCl ₂ .2H ₂ O | 440 | 44000 | 10 |
| Stok Mikro A (100x) | | | |
| H ₃ BO ₃ | 6,2 | 620 | 10 |
| MnSO ₄ .H ₂ O | 16,9 | 1690 | |
| ZnSO ₄ .7H ₂ O | 8,6 | 860 | |
| Stok Mikro B (1000X) | | | |
| KI | 0,830 | 830 | 1 |
| Na ₂ MoO ₄ .7H ₂ O | 0,250 | 250 | |
| CuSO ₄ .5H ₂ O | 0,025 | 25 | |
| CoCl ₂ .6H ₂ O | 0,025 | 25 | |
| Stok Fe (100x) | | | |
| FeSO ₄ .7H ₂ O | 27,8 | 2780 | 10 |
| Na ₂ EDTA | 37,3 | 3730 | 10 |
| Stok Vitamin (100x) | | | |
| Tiamin-HCL | 0,1 | 10 | 10 |
| Piridixin-HCL | 0,5 | 50 | |
| Asam Nikotinat | 0,5 | 50 | |
| Glisin | 2,0 | 200 | |
| Stok Mio-Inositol (10x) | | | |
| Mio-Inositol | 100 | 1000 | 100 |

3.4.3 Penanaman

3.4.3.1 Sterilisasi tunas ubikayu

Tunas ubikayu yang ditanam di media pre-kondisi merupakan tunas ubikayu yang disterilisasi dari rumah kaca. Sterilisasi tunas dilakukan untuk menghilangkan mikroorganisme penyebab kontaminasi. Terdapat 2 tahap sterilisasi tunas ubikayu yang berasal dari rumah kaca. Tahap pertama tunas ubikayu yang sudah diambil dari rumah kaca dicuci dengan air mengalir sebanyak 2 kali selama satu jam. Selama dicuci pada air mengalir, batang tunas ubikayu digosok-gosok dengan menggunakan tangan hingga bersih. Kemudian tunas direndam dengan larutan detergen 5 g/l selama lima menit, lalu diaduk menggunakan tangan. Setelah itu, tunas dibilas dengan air mengalir hingga bersih.

Tunas yang sudah disterilisasi tahap pertama dibawa menuju LAF untuk sterilisasi tahap kedua. Tunas direndam dengan larutan Bayclin (NaOCl 1%) dan ditambahkan larutan tween 20 sebanyak 2 tetes untuk 100 ml larutan. Tunas dikocok pada larutan tersebut selama 15 menit. Kemudian tunas dibilas sebanyak 3 kali dengan menggunakan air steril. Selanjutnya, tunas disterilisasi menggunakan larutan etanol 70% selama 1 menit dan dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Proses sterilisasi tahap kedua dilakukan di dalam *laminar air flow cabinet* (LAF).

3.4.3.2 Penanaman pada media pre-kondisi

Penanaman pertama dilakukan pada media pre-kondisi, yaitu media MS tanpa tambahan ZPT. Planlet dipotong dengan ukuran 1-2 cm. Setiap potongan (eksplan) memiliki 1 mata tunas. Dalam satu botol kultur, ditanami 3 eksplan dengan posisi tegak. Eksplan diinkubasi pada media pre-kondisi selama 1 bulan (4 minggu) dengan kondisi pencahayaan penuh dan suhu ruangan $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Setelah 4 minggu eksplan yang kira-kira sudah memiliki 3-4 buku dapat disubkultur pada media perlakuan.

3.4.3.3 Penanaman pada media perlakuan

Planlet yang telah ditanam pada media pre-kondisi disubkultur pada media perlakuan. Planlet dipotong perbuku dengan posisi mata tunas berada di tengah. Eksplan yang ditanam pada media perlakuan adalah potongan buku yang berada di tengah (bukan buku paling bawah ataupun paling pucuk) dari planlet. Pada media perlakuan, eksplan ditanam secara horizontal dengan posisi mata tunas menghadap ke atas. Setiap botol kultur ditanami 1 eksplan. Botol kultur diberi label sesuai dengan tanggal dan perlakuan. Hasil kultur diinkubasi di ruang kultur dengan suhu $\pm 25^{\circ}\text{C}$ dan pencahayaan penuh. Eksplan yang sudah dikulturkan pada media perlakuan akan diinkubasi selama 9 MST dan dilakukan subkultur setiap 3 MST pada media yang sama dengan media perlakuan masing-masing. Pada subkultur ketiga, tunas yang tumbuh disubkultur pada media perlakuan yang sama namun dilakukan pemotongan kalus yang tumbuh pada tunas. Kemudian tunas diinkubasi kembali sebelum dipindahkan pada media pengakaran.

3.4.3.4 Penanaman pada media pengakaran

Setelah 9 minggu (3 kali subkultur) diinduksi pada media perlakuan, eksplan dipindahkan ke media pengakaran. Eksplan yang masih mengalami pertumbuhan kalus, akan dipindahkan pada media perlakuan dengan memotong bagian kalus. Setelah subkultur, kemudian botol diberi label sesuai dengan perlakuan dan tanggal subkultur. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada ruang kultur dengan suhu $\pm 25^{\circ}\text{C}$ dan pencahayaan penuh. Eksplan diinkubasi pada media pengakaran selama 4 minggu setelah disubkultur pada media pengakaran.

3.4.4 Aklimatisasi

Planlet ubikayu yang telah mencapai umur 4 MST (Minggu Setelah Tanam) di media pengakaran dilakukan *hardening-off* selama 1 minggu. *Hardening-off* dilakukan dengan menempatkan botol kultur yang berisi planlet ke dekat jendela sehingga planlet terkena sinar matahari. Setelah proses *hardening-off* selesai, planlet ubikayu *in vitro* dikeluarkan dari dalam botol, kemudian dicuci di bawah

air mengalir untuk menghilangkan media agar yang menempel pada planlet. Planlet yang telah dibersihkan dari media, diletakkan pada botol kultur yang sudah berisi air dan ditutup dengan plastik. Langkah selanjutnya dilakukan pemotongan akar tanaman hingga akar berukuran 1 cm. Tanaman yang telah dipotong akarnya, selanjutnya dicelupkan pada fungisida yaitu Benlate yang berbahan aktif Benomil 50% dengan konsentrasi 2 g/l. Setelah itu planlet diaklimatisasi 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 selama 2 minggu. Setelah 2 MSA (Minggu Setelah Aklimatisasi), dilakukan buka tutup sungkup tanaman sampai 1 MSA. Setelah 3 MSA, sungkup dibuka secara penuh sampai tanaman berumur 5 MSA. Kemudian, tanaman dipindah tanam ke media steril yang baru pada *polybag* yang berisi media campuran tanah dan sekam bakar dengan perbandingan 1:1. Tanaman ubikayu varietas Vamas-1 yang telah dipindah ke dalam *polybag* diinkubasi di rumah kaca selama 1 minggu. Total lama inkubasi selama aklimatisasi sebelum pindah lapang yaitu 6 minggu. Ringkasan waktu yang dibutuhkan pada setiap tahapan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu yang diperlukan pada tiap tahapan penelitian

| Tahapan | Waktu |
|--|-----------|
| Penanaman tanaman sumber eksplan di rumah kaca | 3 minggu |
| Sterilisasi tunas (Media ½ MS) | 1 minggu |
| Subkultur media pre-kondisi (MS) | 4 minggu |
| Subkultur media perlakuan | 9 minggu |
| Subkultur media pengakaran (MS) | 4 minggu |
| Aklimatisasi | 6 minggu |
| Total | 27 minggu |

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah waktu muncul tunas, jumlah tunas, persentase eksplan bertunas, tinggi tunas, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, dan persentase tanaman hidup pada tahap aklimatisasi.

1. Waktu muncul tunas

Pengamatan waktu muncul tunas dilaksanakan setiap 2 hari sekali selama 2 minggu setelah eksplan ditanam pada media perlakuan. Kriteria tunas yang sudah dihitung adalah yang menunjukkan adanya bakal daun.

2. Jumlah tunas

Jumlah tunas diamati setiap 1 minggu sekali hingga eksplan berumur 6 MST pada media perlakuan. Tunas yang dihitung adalah tunas yang sudah menunjukkan adanya bakal daun.

3. Persentase eksplan bertunas

Persentase eksplan bertunas diamati pada 3 MST pada media perlakuan. Persentase eksplan bertunas dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\%Eksplan\ bertunas = \frac{Jumlah\ eksplan\ bertunas}{total\ eksplan\ yang\ ditanam} \times 100$$

4. Tinggi tunas

Tinggi tunas diamati setiap 1 minggu sekali selama eksplan berada pada media perlakuan. Tinggi tunas diukur dengan menggunakan penggaris dari bagian luar botol

5. Jumlah daun

Jumlah daun diamati setiap 3 minggu sekali hingga eksplan berumur 9 MST pada media perlakuan. Daun yang diamati merupakan daun yang sudah membuka dan masih berwarna hijau dengan diameter daun minimal 0,5 cm.

6. Jumlah akar

Jumlah akar diamati setelah berumur 3 minggu di media pengakaran. Pengamatan jumlah akar dilakukan sebelum planlet dipindahkan ke media tanah.

7. Panjang akar

Panjang akar diamati setelah berumur 3 minggu di media pengakaran. Pengukuran panjang akar dilakukan sebelum planlet dipindahkan ke media tanah dengan mengukur 3 helai akar yang panjang.

8. Persentase tanaman hidup pada tahap aklimatisasi

Persentase tanaman hidup pada tahap aklimatisasi dihitung pada 3 hingga 6 minggu setelah aklimatisasi. Persentase tanaman hidup dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Tanaman hidup} = \frac{\text{Jumlah tanaman hidup}}{\text{Total tanaman yang diaklimatisasi}} \times 100$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Penambahan konsentrasi BA dapat meningkatkan jumlah tunas ubikayu varietas Vamas-1. Penambahan BA 2 mg/l dapat menginduksi jumlah tunas terbanyak dengan rata-rata 3,32 tunas/ eksplan dan rata-rata jumlah daun terbanyak dengan 10,07 helai/ eksplan. Konsentrasi BA 0 mg/l merupakan konsentrasi yang menghasilkan tunas tertinggi pada 3,61 cm. Konsentrasi 0 mg/l dapat memunculkan tunas pada 5,33 HST yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 2 mg/l pada 5,73 HST. Konsentrasi 0 dan 2 mg/l juga merupakan konsentrasi terbaik pada jumlah akar terbanyak, yaitu 9,67 dan 7,33 helai/eksplan. Namun, penambahan BA tidak mempengaruhi persentase eksplan bertunas dan panjang akar.
2. Penambahan NAA 0,02 mg/l menurunkan jumlah tunas yang terbentuk. Tunas terbanyak terdapat pada media NAA 0 mg/l (tanpa NAA) sebanyak 2,25 tunas/eksplan.
3. Interaksi antara BA dan NAA ditunjukkan pada variabel tinggi tunas dengan tunas tertinggi terdapat pada perlakuan BA 0 mg/l dan NAA 0,02 mg/l dengan tinggi 3,61 cm. Tinggi Tunas akan semakin menurun jika konsentrasi BA ditingkatkan sampai 10 mg/l.

5.2 Saran

1. Melakukan pengukuran indeks klorofil pada daun untuk mengetahui pengaruh zat pengatur tumbuh yang diberikan terhadap kandungan klorofil pada daun
2. Melakukan pengujian tanaman hasil penelitian untuk ditanam di lahan sehingga dapat mengetahui pertumbuhan tanaman, kualitas, dan kuantitas umbi yang dihasilkan
3. Menemukan metode yang dapat memperpendek masa kultur in vitro

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, N. 2019. Induksi Tunas Mikro Asam Gelugur (*Garcinia atroviridis* Griff): Pengaruh jenis eksplan dan zat pengatur tumbuh. *Tesis*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. 84 hlm.
- Alpriyan, D. dan Karywati, A. S. 2018. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman hormon auksin pada bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.) teknik *bud chip*. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(7):1354-1362.
- Anjarsari, I. R. D., Hamdani, J. S., Suherman, C., Nurmala, T., Khomaeni, H. S., dan Rahadi, V. P. 2021. Studi pemangkasan dan aplikasi sitokinin-giberelin pada tanaman teh (*Camellia sinensis* O. Kuntze) produktif klon GMB 7. *J. Agron. Indonesia*. 49(1):89-96.
- Ariningsih, E. 2016. Peningkatan produksi ubikayu berbasis kawasan di Provinsi Jawa Barat dan Sulawesi Selatan. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 14(2): 125-148.
- Asmaraningrum, H.P., Betaubun, M., Nasrawati, dan Irianto, O. 2022. *Booklet Bahan Pangan Lokal Kabupaten Merauke*. Deepublish. Sleman. 47 hlm.
- Asra, R., Samarlina, R. A., dan Silalahi, M.. 2020. *Hormon Tumbuhan*. UKI Press. Jakarta. 172 hlm.
- Demeke, Y., Tefera, W., Dechassa, N., and Abebie, B. 2014. Effects of plant growth regulators on in vitro cultured nodal explants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) clones. *Afr. J. Biotechnol.* 13(28): 30-39.
- Dhani, H., Wardati, dan Rosmimi. 2013. Pengaruh pupuk Vermikompos pada tanah inseptisol terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Online Mahasiswa*. 1(1). 1-11.
- Dinika, A. R., Saputro, N. W., Sulandjari, K., dan Rahmi, H. 2021. Organogenesis kalus tanaman krisan (*Chrysanthemum indicum* L.) dengan penggunaan kinetin dan NAA. *Jurnal Agrium*. 18(1): 72-79.

- Direktorat jendral Tanaman Pangan. 2020. *Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan*. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Jakarta. 72 hlm.
- Dwiyani, R. 2015. *Kultur Jaringan Tanaman*. Pelawan Sari. Bali. 75 hlm.
- Elma, T. A., Suminar, E., Mubarak, S., dan Nuraini, A. 2017. Multiplikasi tunas mikro pisang raja bulu secara *in vitro* pada berbagai jenis dan konsentrasi sitokinin. *Jurnal Kultivasi*. 16(3): 418-424.
- Erawati, D. N., Fisdiana, U., dan Kadafi, M. 2020. Respon eksplan vanili (*Vanilli planifolia*) dengan stimulasi BAP dan NAA melalui teknik mikropropagasi. *Journal of Applied Agricultural Sciences*. 4(2): 146-153.
- Fauzan, M., Nirmala, R., Sunaryo, W., dan Pujowati, P. 2021. Induksi multiplikasi ubikayu var. Gajah (*Manihot esculenta* Crantz.) melalui kultur jaringan dengan zat pengatur tumbuh BAP dan NAA. *Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab*. 3(2): 79-85.
- Faye, A., Sagna, M., Papa, D. K., and Kane. 2015. Effects of different hormones on organogenesis *in vitro* of some varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Senegal. *African Journal of Plant Science*. 9(8): 305-312.
- Febriani, D. N. S., Indradewa, D., dan Waluyo, S. 2012. Pengaruh pemotongan akar dan lama aerasi media terhadap pertumbuhan selada (*Lactuca sativa* L.) *nutrient film technique*. *Vegetalika*. 1(1): 1-12.
- Fitriawati, Anwar, A., dan Zainal, A. 2020. Pengaruh beberapa konsentrasi BAP dan sumber eksplan terhadap induksi tunas gambir (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb). *Seminar Nasional Virtual*.
- Habibah, N.A., Rahayu, E.S., dan Anggraito, Y.U. 2021. *Buku Ajar Kultur Jaringan Tumbuhan*. Deepublish. Sleman. 112 hlm.
- Harjadi, S. S. 2009. *Zat Pengatur Tumbuh*. Penebar Swadaya. Jakarta. 76 hlm.
- Haryadi, D., Yetti, H., dan Yoseva, S. 2015. Pengaruh pemberian beberapa jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica alboglabra* L.). *Jom Faperta*. 2(2): 1-10.
- Hapsoro, D. Dan Yusnita. 2022. *Embriogenesis Somatik In Vitro untuk Perbanyak Klonal dan Pemuliaan Tanaman*. Penerbit AURA. Bandar Lampung. 65 hlm.

- Kabir, M. H., Mamun, A. N. K., Roy, P. K., Islam, M. R., Jahan, M. T., and Talukder, S.U. 2015. In vitro propagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). *Nuclear Science and Applications*. 24 (1): 25-28.
- Karti, P. D. M. H., Wijayanti, I., dan Pramadi, S. D. 2020. Teknik aklimatisasi pada tanaman lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan perbedaan media tanam dan sifat tumbuh. *Pastura*. 10(1): 46-52.
- Khaliluev, M. R., Bogoutdinova, L. R., Baranova, G. B., Baranova, E. N., Kharchenko, P. N., dan Dolgov, S.V. 2014. Influence of genotype, explant type, and component of culture medium on in vitro callus induction and shoot organogenesis of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Biology Bulletin*. 41(6): 512-521.
- Khumaida', N. dan Fauzi, A. R. 2013. Induksi tunas ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) var. Adira 2 secara in vitro. *J. Agron. Indonesia*. 41(2): 133-139.
- Louk, M. Dan Raharjo, K. T. P. 2017. Pengaruh pemangkasan akar dan waktu penyapihan terhadap pertumbuhan tanaman kemiri asal Stum. *Savana CendanaI*. 2(1): 11-14.
- Lina, F. dan Wahyono, R. 2013. Pengaruh 6-benzylamino purine (BAP) dan 6-furfuryl amino purine (kinetin) pada media MS terhadap pertumbuhan eksplan ujung apikal tanaman jati secara *in vitro*. *LenteraBio*. 2(1): 167-178.
- Loyola-Vargas, V.M., and Vasques-Flota F. 2006. *Plant cell culture protocols*. Humana Press Inc. New Jersey. 389 hlm.
- Mardhiyetti, Syarif, Z., Jamarun, N., dan Suliansyah, I. 2015. Pengaruh BAP (Benzil Amino Purin) dan NAA (*Naphthalene Acetic Acid*) terhadap eksplan tanaman turi (*Sesbania grandiflora*) dalam media multiplikasi in vitro. *Patura*. 5(1): 35-38.
- Marzuki, S., Muslimin, dan Irmasari. 2016. Organogenesis tanaman jabon merah pada beberapa konsentrasi kombinasi IAA dan BAP secara in vitro. *Jurnal Warta Rimba*. (4)1: 105-111.
- Mastuti, R. 2017. *Dasar-Dasar Kultur Jaringan Tumbuhan*. UB Press. Malang. 126 Hlm.
- Mawaddah, S. K., Saputro, N. W., dan Lestari, A. 2021. Pemberian *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) dan kinetin terhadap multiplikasi tunas tanaman jahe (*Globba leucantha* var. *Bicolor* Holttum) pada kultur in vitro. *Bioma*. 23(1): 43-50.

- Mirah, T., Undang, Sunarya, Y., dan Ermayanti, T. M. 2021. Pengaruh konsentrasi sitokinin dan jenis media terhadap pertumbuhan eksplan buku stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) tetraploid. *Media Pertanian*. 6(1): 1-11.
- Munggarani, M., Suminar, E., Nuraini, A., dan Mubarok, S. 2018. Multiplikasi tunas meriklon kentang pada beberapa jenis dan konsentrasi sitokinin. *Agrologia*. 7(2): 80-89.
- Murashige, T. dan F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*. 15 : 473-497.
- Mutryarny, E., Endriani, E., dan Purnama, I. 2022. Efektivitas zat pengatur tumbuh dari ekstrak bawang merah pada budidaya bawang daun (*Allium porum* L.). *Jurnal Pertanian*. 13(1): 33-39.
- Najiyati, S., dan Danarti. 2002. *Palawija, Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.
- Ngadiani dan Jayanti, T. 2021. Pengaruh pemberian hormon NAA dan BAP pada media MS terhadap pertumbuhan anggrek *Vanda tricolor* secara *in vitro*. *Stigma*. 14(2): 89-98.
- Ngumuo, M., Mneney, E., and Ndakidemi, P. 2013. The effect of auxins and cytokinin on growth and development of (*Musa* sp.) var Yangambi explants in tissue culture. *American Journal of Plant Science*. 4(1): 2174-2180.
- Nofiyanto, R. T., Kusmiyati, T., dan Karno. 2019. Peningkatan kualitas planlet tanaman pisang raja bulu (*Musa paradisiaca*) dengan penambahan BAP dan IAA pada media pengakaran kultur *in vitro*. *J. Agro Complex*. 3(3): 132-141.
- Nugroho, C. C., Khumaida, N., dan Ardie, S. W. 2016. Pertumbuhan Tunas Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Genotipe Jame-Jame secara *in vitro*. *J. Agron. Indonesia*. 44(1): 40-46.
- Panasea. 2021. *Budidaya Tanaman Singkong dan Peluang Bisnisnya*. Elementa Media. Bekasi. 64 hlm.
- Raharjo, K. T. P., Nubatonis, J., dan Neonbeni, E. Y. 2017. Pengaruh pemangkasan akar dan waktu aklimatisasi terhadap pertumbuhan bibit tanaman kemiri (*Aleurites moluccana*, Wild) asal Stum. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 2(2):19-22.

- Rahman, F.H., Sumadi, dan Nuraini, A. 2014. Pengaruh pupuk P dan bokashi terhadap pertumbuhan, komponen hasil, dan kualitas hasil benih kedelai. *Agric. Sci. J.* 1(4): 254-261.
- Rahman, N., Fitriani, H., dan Hartati, N. S. 2021. Pengaruh beragam zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus organogenik dari ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) genotipe gajah dan kuning. *Jurnal ILMU DASAR.* 22(2): 119-126.
- Restiani, R., Roslim, D. I., dan Herman. 2014. Karakter morfologi ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) hijau dari kabupaten Pelalawan. *JOM FMIPA.* 1(2): 619-623.
- Richana, N. 2012. *Menggali Potensi Ubi Kayu dan Ubi Jalar.* Penerbit Nuansa Cendekia. Bandung. 124 hlm.
- Rozi, F., dan Pudjiastuti, Q. 2019. Produk samping tanaman ubikayu sebagai potensi bioekonomi untuk pertanian masa depan. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian.* 13(3): 433-446.
- Rukmana, R. 2002. *Ubi Kayu: Budidaya dan Pasca Panen.* Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 82 hlm.
- Sari, H. S., Dwiati, M., dan Budisantosa, I. 2015. Efek NAA dan BAP terhadap pembentukan tunas, daun, dan tinggi tunas stek mikro *Nepenthes ampullaria* Jack. *Biosfera.* 32(3): 194-201.
- Sari, P., Intaara, Y. I., dan Nazari, A. P. D. 2019. Pengaruh jumlah daun dan konsentrasi Rootone-F terhadap pertumbuhan bibit jeruk nipis lemon (*Citrus limon* L.) asal stek pucuk. *Ziraa 'ah Majalah Ilmiah Pertanian.* 44(3): 365-376.
- Satria, B., Dwipa, I., dan Jamsari. 1999. Regenerasi kalus manggis (*Garcinia mangostana* L.) melalui kultur in vitro. *Jurnal Stigma Fakultas Pertanian Universitas Andalas.* VII (1): 56-60.
- Septiana, A. A., Slameto, dan Restanto, D. P. 2014. Pengaruh hormon IAA dan BAP terhadap perbanyakan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara in vitro. *Unej Jurnal.* 1(1):1-7.
- 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.

- Setiawan, K., Ardian, Utomo, S. D., Yelli, F., Syaifuddin, A., Surtono, A., Sungkono, Agustiansyah, dan Sanjaya, P. 2023. Pengenalan klon ubikayu genjah sebagai alternatif panen muda pada petani dan industri tapioka di Lampung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2(2): 40-48.
- Sharma, P., Roy, B., and Roy, M. 2021. Report on direct and indirect organogenesis through tissue culture in citrus. *Asian Journal of Microbiol. Biotech. Env. Sci.* 23(3): 339-346.
- Shiji, R., George, J., Sunitha, S., and Muthuraj, R. 2014. Micro propagation for rapid multiplication of planting material in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). *J. Root Crop*. 40(1): 23-30.
- Sholihin. 2022. Vamas-1, a new early root bulking, high-yielding, high-starch content cassava variety. *E3S Web of Conferences*. 361: 04014.
- Siswati, L., Ardie, S. W., dan Khumaida, N. 2019. Pertumbuhan dan perkembangan bi kayu genotipe lokal manggu pada panjang setek batang yang berbeda. *J. Agron. Indonesia*. 47(3): 262-267.
- Suminar, E., Sumadi, S. Mubarak, T. Sunarto, dan N. S. E. Rini. 2017. Percepatan penyediaan benih sumber kedelai unggul secara *in vitro*. *Jurnal Agrikultura*. 28 (3): 126-135.
- Sutriana, S., Jumin, H.B., dan Mardalenih, M. 2017. Interaksi BAP dan NAA terhadap pertumbuhan eksplan anggrek vanda secara *in vitro*. *Dinamika Pertanian*. 29(1): 1-8.
- Taufiq, N. 2022. Pengaruh penambahan zat kapur dan lama perendaman terhadap kadar sianida pada singkong (*Manihot esculenta* Crantz.). *Jurnal Sehat Mandiri*. 17(2): 133-141.
- Thamrin, M., Mardhiyah, A., dan Marpaung, S. E. 2013. Analisis usahatani ubikayu (*Manihot utlissima*). *Agrium*. 18(1): 57-64.
- Tyas, K. N., Susanto, S., Dewi, I. S., dan Khumaida, N. 2016. Organogenesis tunas secara langsung pada pamelu (*Citrus maxim* (Burm.) Merr.). *Buletin Kebun Raya*. 19(1): 1-10.
- Uwimana, J., Sakha, M., Danga, B., Gitari, H., dan 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.

- Wahyudi, E., Ernita, dan Faturrahman. 2013. Uji konsentrasi kinetin dan NAA terhadap multiplikasi embrio aren secara in vitro. *Jurnal Dinamika Pertanian*. XXVIII (1).
- Wahyuni, A., Satria, B., Zainal, A. 2020. Induksi kalus gaharu dengan NAA dan BAP secara in vitro. *Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(1): 39-44.
- Wijaya, N. R. dan Sudrajat, H. 2019. Acceleration of *echinacea purpurea* (L.) moench shoot growth by benzyl adenine and indole butyric acid addition. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*. 7(2): 117-124.
- Wulandari, C., Murdiono, W. E., dan Barunawati, N. 2018. Pengaruh konsentrasi sitokinin dan auksin terhadap pertumbuhan planlet *Anthurium plowmanii* Croat. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(10): 2531-2538.
- Wuriesylian dan Sawaluddin. 2022. Aplikasi berbagai konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman baby buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Planta Simbiosis*. 4(1): 64-70.
- Yelli, F., Ardian, dan Utomo, S. D. 2022. Pengaruh BA dan NAA terhadap multiplikasi tunas ubikayu secara in vitro. *Jurnal AGRO*. 9(2): 193-207.
- Yudha, E. P., Salsabila, A., dan Haryati. 2023. Analisis daya saing ekspor komoditas ubikayu Indonesia, Thailand dan Vietnam di pasar dunia. *Jurnal Maneksi*. 12(2): 417-424.
- Yuliarti, N. dan Suyantoro, S. 2010. *Kultur Jaringan Tanaman Skala Rumah Tangga*. Lily Publisher. Yogyakarta. 63 hlm.
- Yuniati, G., Haryati, S., dan Prihastanti, E. 2018. Pengaruh hormon dan ukuran eksplan terhadap pertumbuhan mata tunas tanaman pisang (*Musa paradisiaca* var. Raja Bulu) secara in vitro. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 3(1): 20-28.
- Yusnita. 2015. *Kultur Jaringan Tanaman Sebagai Teknik Penting Bioteknologi untuk Menunjang Pembangunan Pertanian*. Aura Publishing. Bandar Lampung. 69 hlm.
- Zulkarnain, Zakaria, W. A., Haryono, D., dan Murniati, K. 2021. Daya saing komoditas ubikayu dengan internalisasi biaya transaksi di Kabupaten Lampung Tengah, Lampung, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*. 4(2): 230-245.