

**KULTUR EMBRIO DAN INDUKSI MULTIPLIKASI
TUNAS PADA EMBRIO ZIGOTIK PISANG LIAR
Musa acuminata var. *malaccensis* SECARA IN VITRO**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si.) dalam Ilmu Biologi



Diajukan Oleh :

FIYYA MILLATIT THOYYIBAH

NIM :1908016016

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN WALISONGO SEMARANG
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fiyya Millatit Thoyyibah

NIM : 1908016016

Jurusan : Biologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

KULTUR EMBRIO DAN INDUKSI MULTIPLIKASI TUNAS PADA EMBRIO ZIGOTIK PISANG LIAR

***Musa acuminata* var. *malaccensis* SECARA IN VITRO**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 September 2023

Pembuat pernyataan



Fiyya Millatit Thoyyibah

NIM : 1908016016



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang
Telp.024-7601295 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Kultur Embrio dan Induksi Multiplikasi
Tunas pada Embrio Zigotik Pisang Liar *Musa
acuminata* var. *malaccensis* secara In Vitro

Penulis : Fiyya Millatit Thoyyibah

NIM : 1908016016

Jurusan : Biologi

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Biologi.

Semarang, 18 Oktober 2023

DEWAN PENGUJI

Pengujian I

Hafidha A. Akmalia, M.Sc

NIP. 198908212019032012

Pengujian II

Chusnul A. Achmad, M.Si

NIP. 198712312019031018

Pembimbing I

Dr. Baiq F. Wahidah, M.Si

NIP. 197502222009122002

Pembimbing II

Apriliana D. Prawestri, M.Si

NIP. 199004072018012003



NOTA DINAS

Semarang, 20 September 2023

Yth. Ketua Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum. wr. wb.


Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Kultur Embrio dan Induksi Multiplikasi Tunas pada Embrio Zigotik Pisang Liar *Musa acuminata* var. *malaccensis* secara In Vitro
Nama : Fiyya Millatit Thoyyibah
NIM : 1908016016
Jurusan : Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum. wr. wb.

Pembimbing I


Dr. Baiq Farhatul Wahidah, M.Si.
NIP. 197502222009122002

NOTA DINAS

Bogor, 20 September 2023

Yth. Ketua Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum. wr. wb.

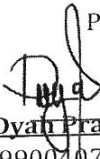
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Kultur Embrio dan Induksi Multiplikasi Tunas pada Embrio Zigotik Pisang Liar *Musa acuminata* var. *malaccensis* secara In Vitro
Nama : Fiyya Millatit Thoyyibah
NIM : 1908016016
Jurusan : Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum. wr. wb.

Pembimbing II


Apriliana Dyah Prawestri, M.Si.
NIP. 199004072018012003

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan” (Q.S. Al-Insyirah: 5).

ABSTRAK

Sifat ketahanan tanaman pisang liar terhadap penyakit dan cekaman dapat dikonservasi secara *in vitro* melalui kultur embrio. Perbanyakan pisang melalui kultur embrio merupakan solusi dalam kendala utama bagi perkembangbiakan genus *Musa*, karena biji pisang liar bersifat ortodoks dan perbanyakan melalui kultur embrio mampu meningkatkan perkecambahan biji pada saat pemuliaan pisang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP pada germinasi dan regenerasi kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*, serta pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi pada induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*. Metode yang digunakan, yaitu metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil bahwa perlakuan ekstraksi biji pada kultur embrio zigotik berpengaruh nyata terhadap persentase germinasi, kecambah mati, tinggi eksplan, dan jumlah daun pada eksplan dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi BAP. Persentase germinasi terbanyak mencapai 96% dihasilkan pada media BAP 2 mg/L ekstraksi aseptik, namun respon tunas majemuk terbanyak mencapai 37% dihasilkan pada media BAP 6 mg/L ekstraksi non aseptik. Hasil perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi pada induksi multiplikasi tunas berpengaruh nyata terhadap respon tunas (tunas berakar, tunggal, dan majemuk), rata-rata jumlah tunas majemuk, tinggi tunas, dan jumlah daun berdasarkan analisis ANOVA dan uji lanjut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%. Persentase respon tunas majemuk menghasilkan rata-rata terbanyak mencapai 5,80 tunas perbotol pada media MS+BAP perlakuan sayatan silang (dua kali). Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan ekstraksi aseptik media BAP 6 mg/L dan perlakuan dekapitasi

sayatan silang media MS+BAP efektif digunakan pada proses germinasi dan regenerasi, serta induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

Kata kunci: *BAP, Dekapitasi, Tunas majemuk, Kultur embrio, Perkecambahan*

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	t}
ب	B	ظ	z}
ت	T	ع	'
ث	s\	غ	g
ج	J	ف	F
ح	H}	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	z\	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ها	H
ش	Sy	ء	'
ص	s}	ي	Y
ض	d}		

Bacaan Madd :

a > = a panjang

i > = i panjang

u > = u panjang

Bacaan Diftong :

au = واو

ai = يا

I = يا

KATA PENGANTAR

Puji syukur hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Kultur Embrio dan Induksi Multiplikasi Tunas pada Embrio Zigotik Pisang Liar *Musa acuminata var. malaccensis*”. Tidak lupa sholawat serta salam kepada junjungan nabi agung Muhammad SAW yang senantiasa kita tunggu syafa’atnya diakhirat kelak. Tujuan penyusunan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Biologi di Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Akhirnya penulis dapat mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik berupa moral maupun material. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Syahir, Ibu Siti Istimroah, Mas Adib, Mbak Nila dan Dek Daffa selaku orang tua serta anggota keluarga tercinta atas dukungan moral, materi, dan do’a kepada penulis,
2. Bapak Dr. H. Ismail, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo,
3. Ibu Dr. Baiq Farhatul Wahidah, M.Si. selaku Ketua

Program Studi Biologi dan sebagai Pembimbing I dari UIN Walisongo Semarang,

4. Ibu Apriliana Dyah Prawestri, M.Si sebagai Pembimbing II dari Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tumbuhan Pusat Riset Rekayasa Genetika-BRIN yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini,
5. Bapak Dr. Ir. Witjaksono, M.Sc. selaku Pimpinan di Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tumbuhan Pusat Riset Rekayasa Genetika-BRIN,
6. Peneliti di Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tumbuhan, yaitu Ibu Tri, Ibu Indira, Ibu Aryani, Ibu Resa, serta teknisi, yaitu Ibu Yuli dan Ibu Omi yang turut membantu berjalannya penelitian,
7. Teman seperjuangan dari UIN Walisongo Semarang, yaitu Dian Putri Rahmawati dan Siti Nur Hasanah, dan juga teman-teman lainnya dari universitas lain yang sedang melaksanakan magang dan MBKM di Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tumbuhan, yaitu Titik, Anisa, Leoni, Rais, dan Hani yang selalu menjadi support system selama penelitian berlangsung,
8. Mang Dian yang telah bersedia membantu pengenalan tanaman pisang liar di Kebun Plasma Nutfah pisang

liar di KST Soekarno BRIN,

9. Teman-teman Biologi Murni angkatan 2019 yang telah kebersamai sampai saat ini,
10. Project kerja sama BRIN dengan University of Queensland tahun anggaran 2022-2023 yang telah menjadi sumber pendanaan penelitian ini,
11. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, tapi saya ucapkan banyak terimakasih karena dengan bantuan semuanya segala masalah dapat terselesaikan dengan lebih mudah dan mendapatkan hasil yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan naskah skripsi ini. Semoga naskah skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dalam rangka menambah wawasan serta pemikiran kita, Aamiin.

Semarang, 20 September 2023



Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iii
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
TRANSLITERASI ARAB-LATIN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Fokus Penelitian	6
C. Rumusan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN PUSTAKA	9
A. Kajian Teori	9
1. Pisang.....	9
2. Nilai dan Manfaat Pisang.....	12
3. Keragaman Pisang	16
4. Morfologi Biji Pisang	18
5. Perkecambahan Biji	22
6. Perbanyakkan Pisang Secara <i>In vitro</i>	31
B. Kajian Penelitian yang Relevan	34
C. Kerangka Berpikir	36
D. Hipotesis Penelitian	39
BAB III METODE PENELITIAN	40
A. Tempat dan Waktu Penelitian	40
B. Sampel Penelitian	40
C. Jenis Penelitian	41
D. Teknik Analisis Data	61
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	63

A. Hasil Penelitian	63
1. Kultur Embrio Pisang Liar <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i>	63
2. Multiplikasi Tunas Pisang Liar <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i>	80
B. Pembahasan.....	88
1) Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan eksplan	88
2) Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap induksi multiplikasi tunas	93
C. Keterbatasan Penelitian.....	96
BAB V PENUTUP.....	98
A. Kesimpulan	98
B. Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN	119
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	178

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Nilai kandungan gizi pada buah pisang liar dan budidaya dalam 100 gram buah pisang	12
Tabel 3.1	Faktor perlakuan ekstraksi biji pisang liar <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i>	42
Tabel 3.2	Faktor konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP dalam media perkecambahan	42
Tabel 3.3	Komposisi Medium Murashige & Skoog (MS)	45
Tabel 3.4	Faktor perlakuan dekapitasi meristem pisang liar <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i>	57
Tabel 3.5	Faktor perlakuan media dengan BAP konsentrasi tinggi	57
Tabel 4.1	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase fase perkecambahan per-minggu	67
Tabel 4.2	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase germinasi pada minggu ke-2 dan ke-4	70

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.3	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase laju perkecambahan selama 14 hari pengamatan setelah tanam	70
Tabel 4.4	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap kecepatan perkecambahan	71
Tabel 4.5	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase pembentukan kalus pada minggu ke-4	72
Tabel 4.6	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kecambah abnormal pada minggu ke-4	73
Tabel 4.7	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kecambah mati pada minggu ke-4	73
Tabel 4.8	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon pembentukan tunas berakar pada minggu ke-8	77

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.9	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon pembentukan tunas tunggal dan majemuk pada minggu ke-8	77
Tabel 4.10	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8	78
Tabel 4.11	Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata tinggi tunas dan jumlah daun pada minggu ke-8	80
Tabel 4.12	Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase regenerasi pada minggu ke-8	83
Tabel 4.13	Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas berakar pada minggu ke-8	84
Tabel 4.14	Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas tunggal dan majemuk pada minggu ke-8	85
Tabel 4.15	Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8	86

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.16	Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap tinggi tunas pada minggu ke-8	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Morfologi tanaman pisang	9
Gambar 2.2	Morfologi biji pisang <i>M. acuminata</i>	19
Gambar 2.3	Morfologi biji pisang <i>M. balbisiana</i>	21
Gambar 2.4	Mekanisme perkecambahan dan pertumbuhan selanjutnya	22
Gambar 2.5	Skema Kerangka Berpikir	38
Gambar 3.1	Tanaman pisang liar <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i> (Rumpun kode 10H).	41
Gambar 3.2	Tahap sterilisasi buah pisang <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i> untuk proses ekstraksi biji secara aseptis	50
Gambar 3.3	Tahap sterilisasi buah pisang <i>M. acuminata</i> var. <i>malaccensis</i> untuk proses ekstraksi biji secara non-aseptis	52
Gambar 4.1	Pertumbuhan dan perkembangan embrio pisang menjadi tunas pada media perkecambahan selama 4 minggu	64
Gambar 4.2	Perkecambahan embrio dari perlakuan ekstraksi aseptik pada minggu ke-4 setelah inokulasi	65

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 4.3	Perkecambahan embrio dari perlakuan ekstraksi non aseptik pada minggu ke-4 setelah inokulasi	66
Gambar 4.4	Kecambah abnormal yang teramati pada minggu ke-4 setelah inokulasi	66
Gambar 4.5	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase germinasi pada minggu ke-2 dan 4 setelah tanam	68
Gambar 4.6	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase laju perkecambahan selama 14 hari pengamatan setelah tanam	69
Gambar 4.7	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kecepatan perkecambahan	69
Gambar 4.8	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kalus, kecambah abnormal, dan kecambah mati pada minggu ke-4 setelah tanam	72

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 4.9	Keragaan tunas yang telah disubkultur dari cawan petri ke botol kultur pada minggu ke 4 setelah subkultur	75
Gambar 4.10	Respon pertumbuhan planlet	75
Gambar 4.11	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk pada minggu ke-4 setelah subkultur	76
Gambar 4.12	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-4 setelah subkultur	79
Gambar 4.13	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata tinggi tunas pada minggu ke-4 setelah subkultur	79
Gambar 4.14	Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah daun pada minggu ke-4 setelah subkultur	79
Gambar 4.15	Tahap dekapitasi	82
Gambar 4.16	<i>Seedling</i> hasil dekapitasi minggu ke-8 setelah tanam	83

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 4.17	Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk pada minggu ke-8 setelah tanam	84
Gambar 4.18	Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8 setelah tanam	87
Gambar 4.19	Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata tinggi tunas pada minggu ke-8 setelah tanam	87
Gambar 4.20	Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah daun pada minggu ke-8 setelah tanam	87

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Analisis Statistik Percobaan 1	119
Lampiran 2. Hasil Analisis Statistik Percobaan 2	158
Lampiran 3. Tabel Persentase Tunas Normal Percobaan	2172
Lampiran 4. Rincian Pembuatan Larutan Stok Media MS	173
Lampiran 5. Dokumentasi Pengamatan	173
Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan	176
Lampiran 7. Surat Izin Penelitian	177

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pisang merupakan salah satu sumber pangan yang melimpah di Indonesia karena pertumbuhan yang mudah di berbagai lokasi. Pisang dijadikan sebagai sumber pangan karena memiliki kandungan gizi yang tinggi serta manfaat yang beragam, diantaranya terdapat vitamin dan mineral pada daging buah pisang yang mampu meningkatkan imunitas tubuh (Suryalita, 2019). Tanaman pisang merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki keragaman tinggi di Indonesia. Adapun keragaman jenis tumbuhan disebutkan dalam Al-Qur'an Surah Al-An'am ayat 99 yang berbunyi :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ^ظ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya :*"Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma,*

mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (Q.S. Al-An’am :99) (Hasanah, 2019).

Keistimewaan buah pisang sebagai buah surga juga disebutkan dalam Q.S Al-Waqi’ah ayat 29 yang berbunyi :

وَطَلْحٍ مَّنضُودٍ ﴿٢٩﴾

Artinya : “*dan pohon pisang yang bersusun-susun (buahnya)” (Q.S.Al-Waqi’ah : 29) (Zahid, 2020).*

Secara umum tanaman pisang dibedakan menjadi dua macam, yaitu pisang liar dan pisang budidaya yang berasal dari daerah tropis maupun subtropis, seperti Indo-Malay dan Australia (Schoorl dan Holt, 1983; Dwivany *et al.*, 2021). Salah satu spesies pisang liar yang tersebar luas di Indonesia, yaitu *Musa acuminata*, sedangkan salah satu contoh pisang budidaya yang banyak dikonsumsi di berbagai daerah baik di Indonesia maupun di dunia adalah Pisang Cavendish. Pisang liar disebut sebagai nenek moyang dari pisang budidaya, oleh karena itu sumber daya genetik dari pisang liar lebih banyak dikonservasi dan dilestarikan dibandingkan pisang budidaya (Rahayuniati, Mugiasatuti & Kurniawan, 2021).

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki keragaman genetik tanaman pisang yang tinggi, dengan jumlah varietas dan subspecies *M. acuminata* sebanyak 15 varietas yang tersebar dari Pulau Sumatra hingga Papua. Spesies pisang liar *M. acuminata* juga dilaporkan tahan terhadap penyakit dan cekaman, contohnya seperti layu fusarium (Ahmad, Kurniajati & Poerba, 2020) dan cekaman kekeringan (Prawestri *et al.*, 2021). Sifat ketahanan tanaman pisang liar terhadap penyakit dan cekaman dapat dikonservasi secara *in vitro* melalui kultur embrio, dengan cara menumbuhkan embrio zigotik pada media tanam tertentu dalam kondisi aseptis untuk memperoleh tanaman yang utuh (Maulida dan Erfa, 2020). Kultur embrio juga telah banyak dilakukan pada berbagai tanaman seperti kopi (Sari *et al.*, 2021), kelapa kopyor (Maulida dan Erfa, 2020), pisang (Dayarani *et al.*, 2014), dan lain sebagainya.

Perbanyakan pisang melalui kultur embrio merupakan solusi dalam kendala utama bagi perkembangbiakan genus *Musa*, karena kultur embrio mampu meningkatkan perkecambahan biji pada saat pemuliaan pisang (Crouch, Vuylsteke & Ortiz, 1998), sedangkan teknik perbanyakan pisang menggunakan mikro ataupun makropropagasi dapat menimbulkan adanya serangan hama dan penyakit dari eksplan, serta kontaminan berupa jamur dan bakteri patogen

yang dapat dengan mudah terbentuk pada media pertumbuhan jika proses aseptik yang dilakukan tidak tepat (Tumuhimbise dan Talengera, 2018).

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat germinasi embrio pada kultur embrio adalah perlakuan ekstraksi biji yang umumnya dilakukan dengan memisahkan biji dari daging buah secara manual dan mencucinya di bawah air mengalir (Klau, Ningsih & Putra, 2021). Biji yang diekstraksi dengan tidak tepat akan berdampak pada penurunan viabilitas biji karena kerusakan embrio saat proses ekstraksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi beberapa perlakuan ekstraksi untuk mendapatkan germinasi embrio yang optimal.

Contoh perbanyak tanaman pisang liar secara *in vitro* melalui kultur embrio dengan metode ekstraksi secara aseptik telah dilaporkan oleh Roostika *et al.*, (2019) dengan menambahkan senyawa zat pengatur tumbuh (ZPT) sitokinin berupa *benzyl adenine* (BA), *thidiazuron* (TDZ), serta senyawa antioksidan *polyvinylpyrrolidone* (PVP) pada kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *sumatrana*. Penambahan kedua jenis senyawa tersebut memberikan pengaruh terhadap persentase hidup, persentase tumbuh, jumlah tunas, dan jumlah daun setelah empat minggu observasi.

Selain aplikasi ZPT, multiplikasi tunas juga dapat dilakukan dengan melakukan dekapitasi dan dekortikasi

untuk menstimulasi pertumbuhan tunas aksilar yang umumnya dilakukan pada bonggol pisang melalui teknik makropropagasi (Sastry dan Zitter, 2014). Teknik dekapitasi merupakan metode perusakan ujung meristem apikal yang bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan meristem aksilar (Ning *et al.*, 2021). Pada teknik mikropropagasi tanaman secara *in vitro*, perlakuan tersebut juga dilaporkan berpengaruh dalam multiplikasi tunas pisang liar dari eksplan embrio zigotik (Backiyarani *et al.*, 2021).

Kultur embrio sangat bermanfaat untuk skrining atau seleksi untuk mendapatkan bibit tanaman yang unggul, seperti tahan cekaman biotik maupun abiotik, karena masing-masing *seedling* yang dihasilkan memiliki sifat yang berbeda satu sama lain. Akan tetapi, dalam proses skrining diperlukan banyak sampel tanaman yang berasal dari satu genotipe yang sama (dari embrio yang sama) sebagai material ulangan pengujian untuk mendapatkan hasil skrining yang valid. Oleh karena itu, diperlukan upaya multiplikasi tunas *in vitro* dari embrio zigotik untuk mendapatkan material yang cukup dalam studi skrining lebih lanjut.

Melalui latar belakang di atas, penulis menggunakan spesies pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* sebagai objek penelitian, sehingga penelitian ini berjudul “Kultur Embrio dan Induksi Multiplikasi Tunas pada Embrio Zigotik

Pisang Liar *Musa acuminata* var. *malaccensis* secara In Vitro". Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan ekstraksi biji pisang, penambahan senyawa ZPT sitokinin dan perlakuan dekapitasi terhadap tingkat germinasi, regenerasi dan multiplikasi tunas *in vitro* dari embrio zigotik pisang liar.

B. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

1. Peningkatan germinasi dan regenerasi embrio menjadi tunas tunggal maupun majemuk secara *in vitro* yang dilakukan dengan menguji beberapa metode ekstraksi biji pisang. Ekstraksi biji dilakukan dengan membandingkan beberapa metode, yaitu secara aseptis dan non-aseptis untuk mendapatkan metode ekstraksi biji yang tepat yang dapat mempertahankan viabilitas biji secara optimal. Pada waktu yang sama, embrio ditanam pada media yang mengandung beberapa konsentrasi ZPT sitokinin, yaitu *benzyl amino purine* (BAP) untuk menginduksi multiplikasi tunas secara langsung pada embrio.
2. Pengujian perlakuan dekapitasi pada meristem apikal tunas tunggal hasil regenerasi dari embrio, yang kemudian ditanam pada media yang mengandung BAP dengan konsentrasi yang tinggi. Ini dilakukan untuk mendapatkan

perlakuan yang optimal dalam menginduksi multiplikasi tunas *in vitro* yang berasal dari eksplan tunas tunggal.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP pada germinasi dan regenerasi kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi pada induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP pada germinasi dan regenerasi kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.
2. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi pada induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

E. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Peneliti
 - Untuk mendapatkan protokol yang optimum dalam perbanyak tanaman pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* secara *in vitro*.

2. Bagi Instansi

- Untuk menambah referensi di perpustakaan UIN Walisongo Semarang.

3. Bagi Pembaca dan Masyarakat

- Untuk meningkatkan produksi budidaya pisang liar dengan metode kultur *in vitro*.
- Untuk dijadikan sebagai rujukan bagi penelitian selanjutnya.

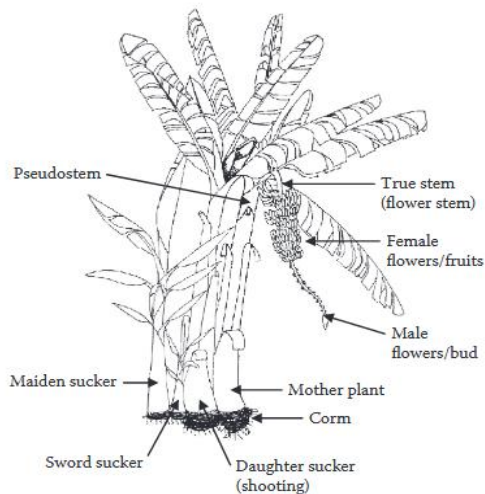
BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pisang

Tanaman pisang merupakan jenis tanaman tahunan herba yang memiliki tinggi bermacam-macam sesuai jenisnya. Pada pisang budidaya tinggi tanaman berkisar antara 2-9 meter, sedangkan pada beberapa spesies liar tingginya berkisar antara 10-15 meter (Karamura, Karamura & Blomme, 2011). Tanaman pisang secara morfologi terdiri dari akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji (Ardila, Rosanti & Kartika, 2022).



Gambar 2.1 Morfologi tanaman pisang (Karamura, Karamura & Blomme, 2011)

Klasifikasi tanaman pisang adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Phylum : Tracheophyta

Class : Liliopsida

Order : Zingiberales

Family : Musaceae

Genus : *Musa* L.

Species : *Musa acuminata* Colla (GBIF, 2022)

Sistem perakaran pada pisang yaitu akar serabut. Akar pada tanaman pisang yang utama berada di bawah tanah dan tumbuh ke bawah mencapai kedalaman 75-150 cm, sedangkan akar yang terdapat di samping bonggol atau batang tumbuh secara horizontal hingga 4-5 meter (Suyanti dan Supriyadi, 2008). Batang utama tanaman pisang disebut juga sebagai bonggol atau umbi pisang. Bonggol pisang merupakan batang utama yang melekat pada anakan (*sucker*) yang sedang mengalami perkembangan dan pada akar tanaman. Batang pisang yang menjulang ke atas disebut batang semu (Karamura, Karamura & Blomme, 2011). Daun tanaman pisang berbentuk lanset memanjang dengan bagian bawah berlilin. Tanaman pisang memiliki tangkai daun yang berukuran sekitar 30-40 cm berfungsi untuk memperkuat helaian daun pada tanaman (Setiyanto *et al.*, 2021).

Tanaman pisang termasuk kelompok family Musaceae yang memiliki bunga sempurna. Bunga tersebut berbentuk sisir karena tersusun secara kelompok dan ditopang oleh tangkai tandan. Bunga pada tanaman pisang ada dua jenis yaitu betina dan jantan, bunga betina terdapat di dekat pangkal tangkai sedangkan bunga jantan terdapat di ujung distal. Setiap bunga memiliki braktea yang membungkus bunga dan akan terangkat apabila bunga mekar setelah 20 hari keluar dari jantung pisang. Keistimewaan bunga pisang terdapat pada bunga pisang jantan yang dimiliki oleh pisang liar. Pada pisang liar bunga pisang jantan memiliki lima benang sari, dan kepala sari yang ramping serta mengandung serbuk sari yang banyak (Welsiliana, Makin & Hanas, 2020).

Buah pisang tumbuh dan berkembang pada sisir, setiap sisir terdiri dari 10-16 buah pisang. Sisir pada tanaman pisang akan bertumbuh terus menerus sampai perkembangbiakan selesai. Buah pisang berbentuk silinder dan tergolong dalam buah buni. Buah ini umumnya memiliki kulit berwarna kuning ketika sudah masak dan berwarna hijau ketika masih mentah. Buah pisang bertekstur lunak ketika sudah masak dan memiliki rasa enak untuk dimakan (Elfianis, 2022). Biji pisang terdapat di dalam buah pisang dan merupakan salah satu bentuk morfologi yang dapat menjadi pembeda dari berbagai jenis pisang.

2. Nilai dan Manfaat Pisang

Pisang merupakan salah satu sumber pangan yang ada di Indonesia dengan kelimpahannya karena pisang dapat tumbuh diberbagai lokasi (Ryan dan Pigai, 2020). Pemanfaatan pisang sangat beragam, selain dapat dimakan langsung pisang juga dapat dibuat olahan seperti kolak, pisang kukus, pisang selai, keripik, tepung pisang, dan lain-lain (Rosariatuti, Sumani & Herawati, 2018). Nilai kandungan gizi pada buah pisang yaitu tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai kandungan gizi pada buah pisang liar dan budidaya dalam 100 gram buah pisang

Kandungan	Kadar (g)	
	Pisang (Mentah)	Pisang (Matang)
Gula	12,23	15
Air	74,91	75
Serat Makanan	2,6	3
Lemak Jenuh	0,112	0,112
Protein	1,09	1
Vitamin A	04,001	2
Vitamin C	0,0087	15
Vitamin B-6	0,0004	0
Sodium	0,001	0
Kalium	0,358	0,45
Magnesium	0,027	0,0319
Besi	0,00026	2

(Mallick *et al.*, 2020)

Bagian dari tanaman pisang yang dapat dimanfaatkan maupun dapat diolah sebagai produk antara lain :

a) Daun

Pemanfaatan daun pisang sudah dikenal sejak dahulu oleh masyarakat Indonesia yaitu sebagai pembungkus ataupun alas pada suatu makanan seperti pada saat penyajian tumpeng dan makanan lainnya (Rosariatuti, Sumani & Herawati, 2018).

b) Bonggol

Bonggol pisang dimanfaatkan ketika air yang keluar dari bagian tengah ketika bonggol dilubangi. Air tersebut bermanfaat sebagai obat infeksi saluran kencing dan menyuburkan rambut (Rai *et al.*, 2018).

c) Buah

Buah pisang memiliki tekstur yang lunak serta mudah dicerna oleh tubuh. Pemanfaatan buah pisang dapat dijadikan sebagai sumber energi karena mengandung karbohidrat dan vitamin. Kandungan vitamin yang terdapat pada buah pisang yaitu vitamin B6 dan vitamin C yang tinggi (Wulandari, Widyastuti & Ardiaria, 2018).

d) Kulit

Pemanfaatan kulit pisang ada berbagai macam, diantaranya kulit pisang mengandung senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid yang digunakan sebagai antioksidan (Amalia, Muliarsi & Hidayati, 2023). Selain itu kulit pisang dapat dimanfaatkan menjadi etanol, asam asetat,

nata, obat tradisional serta kerupuk. Kulit pada buah pisang juga berpotensi mengurangi gejala depresi dan menjaga kesehatan retina (Suryalita, 2019). Kulit buah pisang dapat dijadikan sebagai bahan campuran makanan oleh sebagian masyarakat kecamatan Jenawi, Karangayar (Rosariatuti, Sumani & Herawati, 2018).

e) Akar

Akar pisang dapat digunakan sebagai sumber mikroorganisme pada pembuatan pupuk hayati (Rosariatuti, Sumani & Herawati, 2018). Akar pisang juga bermanfaat sebagai antiseptik pada masalah kulit manusia. Selain itu akar pisang dapat dijadikan sebagai pengobatan rambut rusak (Aini, 2023).

f) Batang semu (Debog)

Batang semu pisang dimanfaatkan sebagai bahan pembuat rakit, mainan anak-anak, sarana ritual budaya (misalnya alat untuk menancapkan wayang kulit), dan seratnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar industri tekstil (Rosariatuti, Sumani & Herawati, 2018). Bagian tengah debog pisang (umbut) juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan oleh orang utan di Kalimantan (Haddad, Prayogo & Anwari, 2017; Sopiansah, Prayogo & Rifanjani, 2018).

g) Bunga (Jantung Pisang)

Masyarakat Indonesia umumnya memanfaatkan jantung pisang sebagai olahan makanan, seperti dimasak menjadi sayur berkuah, tumis, ataupun lodeh.

Tanaman pisang dinilai sebagai tanaman yang ekonomis dan praktis. Nilai ekonomis pada pisang meliputi : 1) Pertumbuhan yang cepat, rata-rata tanaman pisang yang berumur 1 tahun sudah berbuah. Oleh karena itu, pembudidaya pisang akan mendapatkan modal kembali dengan cepat pascapanen. 2) Perkembangbiakan yang cepat dengan hasil diperoleh pada tahun berikutnya dapat mencapai 3-4 kali panen. 3) Tahan terhadap angin kencang dan musim kemarau, sehingga jika tanaman mengalami cacat atau kerusakan dapat diatasi dengan mudah dan dapat balik seperti semula.

Kondisi tanaman pisang tidak selamanya baik, terutama pada tanah. Kesuburan tanah pada tanaman pisang cepat rusak sehingga tindakan pemeliharaan pada tanah harus dikontrol dan dirawat dengan baik seperti pemberian pupuk pada tanah. Selain itu, perlakuan pascapanen sangat diperlukan, karena buah pisang tidak bertahan lama, yaitu sekitar 15 hari pada saat pengangkutan. Jika lebih dari 15 hari kemungkinan akan membusuk (Ardiansyah, 2010).

3. Keragaman Pisang

Pisang merupakan tanaman yang memiliki keragaman yang banyak di Indonesia (Arifki dan Barliana, 2018). Terdapatnya berbagai jenis pisang liar dan pisang budidaya menyebabkan Indonesia diakui sebagai pusat keragaman pisang, karena terdapat kurang lebih puluhan sampai ribuan kultivar pisang yang dapat ditemukan di Indonesia (Kurnianingsih, Ghazali & Astuti, 2018).

Keragaman pisang yang saat ini terdapat di Indonesia merupakan hasil persilangan antara *M. acuminata* dengan *M. balbisiana*. Gen yang berasal dari *M. acuminata* dicirikan dengan simbol A, sedangkan dari *M. balbisiana* diberi simbol B. Persilangan dari kedua jenis pisang tersebut akan menghasilkan pisang diploid, triploid, dan tetraploid (Riandini, Astuti & Setiawan, 2021). Maraknya kebutuhan pangan di Indonesia diperlukan upaya konservasi plasma nutfah pisang sebagai sumberdaya hayati dan sumber gen dalam menciptakan jenis bibit unggul atau jenis baru di Indonesia (Santi *et al.*, 2022).

Pusat konservasi plasma nutfah pisang salah satunya, yaitu berada di Pusat Penelitian Biologi-LIPI yang saat ini berganti menjadi Pusat Riset Rekayasa Genetika, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Berdasarkan buku yang ditulis oleh Poerba *et al.*, (2016) macam-macam pisang diantaranya

adalah: a. Pisang Liar : 1) *M. acuminata*, 2) *M. borneensis*, 3) *M. balbisiana*, dan 4) *M. lolodensis*; b. Pisang Budidaya : 1) Diploid (kelompok genom AA dan AB), 2) Triploid (kelompok genom AAA, AAB, dan ABB), dan 3) Tetraploid (kelompok genom AAAA dan AAAB).

Pisang liar jenis *M. acuminata* dan *M. balbisiana* memiliki peranan penting dalam perbanyakan *in vitro*. Keunggulan yang dimiliki oleh pisang liar yaitu tahan terhadap berbagai cekaman biotik dan abiotik (Prawestri *et al.*, 2021). Pisang liar *M. acuminata* tahan terhadap penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* dan memiliki keragaman kultivar yang melimpah. Jenis pisang liar *M. balbisiana* memiliki keunggulan dalam sumber daya genetik untuk perbanyakan pisang dan tahan terhadap penyakit sigatoka, selain itu *M. balbisiana* memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi (Poerba *et al.*, 2018).

Jenis pisang budidaya merupakan hasil persilangan antara pisang liar. Pisang liar disebut sebagai nenek moyang pisang, hasil persilangan antar pisang liar akan memiliki morfologi yang bervariasi seperti bentuk, ukuran, warna, dan sifat-sifat lainnya yang bervariasi (Riandini, Astuti & Setiawan, 2021). Contoh hasil persilangan pisang liar yang tersebar di Indonesia yaitu pisang mas (diploid), pisang

ambon, cevendish, pisang batu, dan pisang raja (triploid) (Utari *et al.*, 2022).

4. Morfologi Biji Pisang

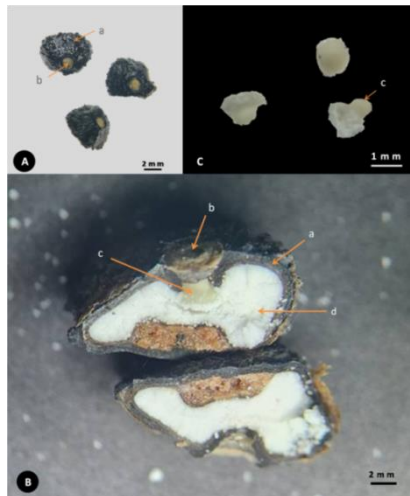
Biji pisang termasuk dalam biji yang bersifat ortodoks (Roberts, 1973). Komponen utama pada biji pisang terdiri dari endosperma yang dilapisi oleh integumen luar yang tebal (testa) dan integumen dalam yang tipis (tegmen), serta terdapat embrio berukuran kecil yang berada dibawah operkulum atau tutup biji (Graven *et al.*, 1996). Ukuran biji bersifat plastis yang dapat berubah dalam suatu populasi maupun individu tanaman bahkan dalam buah dikarenakan beberapa faktor seperti kondisi lingkungan, genetik, penyerbukan tanaman, air, cahaya, dan ketersediaan nutrisi pada tanaman. Kulit biji yang tebal pada pisang liar bertujuan untuk mencegah masuknya oksigen dan air pada saat proses perkecambahan biji. Namun demikian, kulit biji pisang masih bersifat permeabel, sehingga air dapat masuk ke dalam biji dan terjadi imbibisi.

Endosperm pada biji berfungsi sebagai cadangan makanan, sedangkan integumen luar dan dalam berfungsi untuk melindungi biji selama pematangan. Pengukuran kualitas biji dapat dilihat dari morfologi embrio. Embrio yang memiliki massa kompak pada biji menandakan embrio sehat

(Trimanto *et al.*, 2022). Berikut contoh morfologi biji pisang pada berbagai spesies.

a) *M. acuminata*

M. acuminata merupakan spesies pisang liar yang memiliki keanekaragaman tinggi serta memiliki ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Vineesh *et al.*, 2015). *M. acuminata* memiliki buah yang mengandung biji sebanyak 30-120 biji perbuahnya dari penyerbukan terbuka. Biji pisang berdiameter 5-6 mm berbentuk subglobose tidak beraturan, serta berwarna coklat keabu-abuan (Javed, Chai & Othman, 2002). Contoh sub spesies yang tergolong dalam *M. acuminata* yaitu var. *malaccensis*, *burmanica*, dan *flava*.



Gambar 2.2 Morfologi biji pisang *M. acuminata*. A) Biji pisang utuh; B) Potongan membujur biji pisang; C) Embrio pisang. Ket: a. Kulit biji; b. Mikropil; c. Embrio; d. Endosperm. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

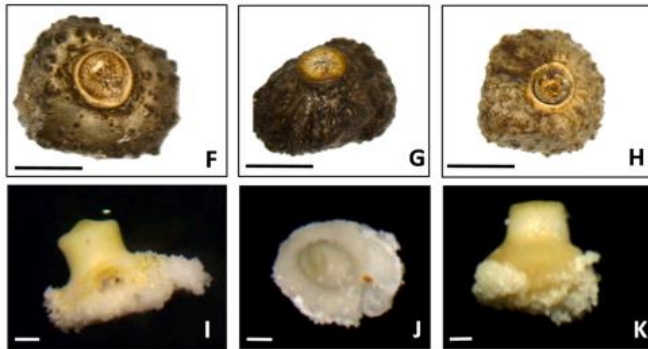
Penelitian yang dilakukan oleh Puteh *et al.*, (2011) menunjukkan terdapat 3 ekotipe pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*, yaitu Krau White, Serdang Red, dan Serdang Yellow. Ketiga ekotipe ini memiliki morfologi biji yang hampir mirip, dengan berat biji berkisar antara 3-4 gram per 100 biji dan panjang biji 2-6 mm. Panjang embrio berkisar antara 0,7-1,1 mm dengan ketebalan testa 0,1-0,3 mm.

Contoh varietas lain dari *M. acuminata*, yaitu *M. acuminata* var. *burmanica* yang memiliki bentuk biji tidak beraturan, sudut tajam, berwarna coklat pucat hingga hitam, kulit biji kasar, serta mikropilnya dapat berkembang menjadi operkulum (penutup biji). Endosperma terdiri dari butiran pati majemuk yang terdapat pada biji pisang yang sudah matang (Gambar 2.2b). Berat biji pisang mencapai 81,89 mg dengan rata-rata jumlah biji per buah adalah 77,27 biji (Vineesh *et al.*, 2015).

b) *M. balbisiana*

M. balbisiana merupakan pisang liar yang menghasilkan biji seperti halnya *M. acuminata*. Spesies ini memiliki tingkat pemuliaan tanaman yang tinggi, dikarenakan tergolong dalam salah satu spesies nenek moyang dari pisang yang dapat dimakan sekarang ini (McGahan, 1961). Varietas yang tergolong ke dalam *M. balbisiana* adalah var. *balbisiana*, var.

brachycarpa, dan var. *liukuensis* (Poerba dan Ahmad, 2013).
Morfologi biji pisang *M. balbisiana* adalah sebagai berikut.

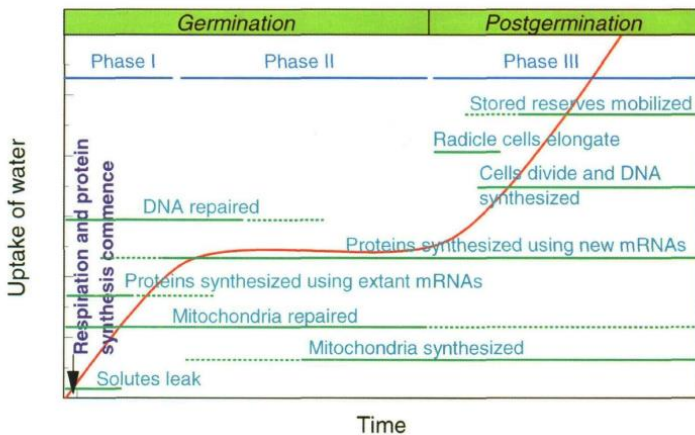


Gambar 2.3 Morfologi biji pisang *M. balbisiana*. F-H. Benih aksesori # EC653579, IC630992, dan IC633382; I-K. Embrio aksesori # EC653579, IC630992, dan IC633382. (Singh *et al.*, 2021)

Biji *M. balbisiana* rata-rata berukuran 3-5 mm, memiliki bentuk tidak beraturan dan sisi yang agak rata. Permukaan kulit biji *M. balbisiana* berwarna coklat keabu-abuan (McGahan, 1961). Singh *et al.* (2021) melaporkan bahwa *M. balbisiana* memiliki permukaan biji berkulit halus dan berbentuk sudut tidak beraturan dengan sisi agak pipih pada ketiga aksesori (Gambar 2.3). Biji berwarna hitam saat lembab dan menjadi coklat keabu-abuan saat kering. Jumlah biji, panjang biji, lebar biji, dan tebal testa biji tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada ketiga aksesori.

5. Perkecambahan Biji

Perkecambahan biji merupakan awal perkembangan siklus hidup tanaman yang menandakan keberhasilan proses reproduksi dan keberlangsungan hidup suatu tanaman dan diikuti oleh pertumbuhan pasca perkecambahan (Wijayanti, 2023). Mekanisme perkecambahan terdiri dari reaksi fisiologi dan biokimia, diantaranya imbibisi air, aktivitas enzim α -amilase, mobilisasi hasil hidrolisis pati dalam endosperma, dan transpor nutrisi yang membentuk plumula dan radikula (Meriem *et al.*, 2023).



Gambar 2.4 Mekanisme perkecambahan dan pertumbuhan selanjutnya. (Bewley, 1997)

Mekanisme perkecambahan diawali dengan penyerapan air oleh biji (Fase I) diikuti oleh fase stagan (Fase II) dengan

peningkatan serapan air setelah perkecambahan selesai. Jika biji mengalami dormansi maka tidak dapat memasuki Fase II. Masuknya air kedalam biji selama Fase I menghasilkan gangguan sementara pada membran yang menyebabkan kebocoran zat terlarut dan metabolit kedalam larutan imbibisi di sekitarnya. Kebocoran zat terlarut dan metabolit merupakan pertanda terjadinya transisi komponen fosfolipid membran yang dicapai selama pematangan biji ke keadaan normal. Membran dapat kembali stabil dalam waktu rehidrasi yang singkat dan kebocoran dapat dibatasi. Selama proses imbibisi jumlah fosfolipid (N-acetyl phosphatidyl-ethanolamine) dengan sifat penstabil membran dapat meningkat (Bewley, 1997).

Fase II setelah imbibisi yaitu melakukan aktivitas metabolisme serta naiknya proses respirasi biji. Terjadinya penguraian bahan-bahan karbohidrat, lemak, dan protein menjadi bentuk yang dapat dilarutkan dan ditranslokasikan ke titik tumbuh sebagai energi pada saat pembentukan dan pertumbuhan sel-sel baru. Selanjutnya Fase III mulai terbentuk pertumbuhan kecambah melalui proses pembelahan, pembesaran, dan pembagian sel-sel pada titik-titik tumbuh (Sutopo, 1985).

Faktor yang dapat mempengaruhi perkecambahan yaitu sebagai berikut.

1) Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor yang berasal dari dalam biji tersebut, diantaranya yaitu.

a. Tingkat kematangan, ukuran, dan berat biji

Biji yang belum matang (muda) umumnya menghasilkan daya kecambah yang rendah, karena ukuran dan berat biji belum terbentuk sempurna sehingga belum memiliki cadangan makanan yang cukup untuk perkecambahan (Junaidi dan Fandi, 2021). Perkecambahan biji secara keseluruhan berhasil pada biji yang matang (tua), namun biji muda lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan (Avivi *et al.*, 2021). Hal ini dibuktikan dengan penelitian Djoyowasito *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa biji yang belum matang tidak dapat berkecambah karena cadangan makanan yang belum cukup dan embrio belum terbentuk sempurna. Ukuran biji berpengaruh dalam perkecambahan karena terdapat kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan mineral sebagai bahan energi bagi embrio. Biji yang memiliki berat besar cenderung menghasilkan kecambah yang besar pula.

b. Dormansi biji

Dormansi biji merupakan keadaan biji yang sudah matang dan layak namun tidak memiliki respon terhadap proses perkecambahan. Hal ini dapat terjadi karena

mekanisme dormansi. Mekanisme dormansi terbagi menjadi dua macam yaitu dormansi fisik dan fisiologis.

Dormansi fisik terjadi disebabkan adanya pembatasan mekanis dimana kulit biji endokarp yang mencegah air masuk ke embrio, sehingga tidak terjadi perkecambahan pada biji, sedangkan dormansi fisiologis terjadi karena embrio belum matang dan perubahan fisiologis benih selama penyimpanan (Wijayanti, 2023).

c. Inhibitor

Proses fisiologis dalam perkecambahan dan dormansi biji sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan diatur oleh hormon endogen, di antaranya adalah asam absisat (ABA), dan giberelin (GA). Hormon tersebut mempengaruhi metabolisme, sensitivitas, dan pensinyalan yang ditentukan oleh faktor lingkungan (Avivi *et al.*, 2021). Hormon lain yang dapat mempengaruhi proses perkecambahan biji seperti auksin, sitokinin, etilen, dan asam traumalin (Debitama, Mawarni & Hasanah, 2022).

1. Auksin

Hormon auksin merupakan hormon yang berperan dalam proses pemanjangan sel, pembelahan sel, meningkatkan aktivitas kambium dalam pembentukan sel baru, dan pembentukan akar. Selain itu, hormon auksin sangat peka terhadap cahaya, jika tanaman

terkena cahaya maka hormon auksin rusak sehingga menghambat pertumbuhan batang tanaman (Wahidah dan Hasrul, 2017). Pada saat proses perkecambahan penambahan hormon auksin dapat meningkatkan persentase perkecambahan dan mematahkan dormansi biji (Tetuko, Parman & Izzati, 2015). Contoh hormon auksin sintetis, yaitu *indole acetic acid* (IAA), *indole butiric acid* (IBA), dan *naphtalen acetic acid* (NAA) (Debitama, Mawarni & Hasanah, 2022).

2. Sitokinin

Hormon sitokinin merupakan hormon yang berperan dalam mengatur aktivitas tanaman termasuk pada proses perkecambahan biji. Aktivitas tanaman yang dipengaruhi seperti sel meristem di akar dan pucuk serta penebaran daun. Selain itu, hormon ini efektif dalam pembentukan nodul pada tanaman (Miransari dan Smith, 2014). Pada saat proses perkecambahan biji sitokinin merangsang pembelahan sel dalam jaringan, pembongkaran floem, dan penyerapan asimilasi serta degenerasi jaringan nuselar (Toma, 2010). Zat pengatur tumbuh yang termasuk dalam sitokinin yaitu *benzylamino purine* (BAP) (Backiyarani *et al.*, 2021); *benzyl adenine* (BA) (Kurniajati *et al.*, 2022), thidiazuron

(TDZ) (Jannah, Hidayat & Hendri, 2022), kinetin, dan zeatin (Lestari, 2011).

3. Etilen

Hormon etilen merupakan hormon yang berpengaruh pada aktivitas tanaman seperti pertumbuhan dan perkembangan jaringan serta perkecambahan biji. Namun pengaruh hormon etilen belum diketahui secara pasti pada saat proses perkecambahan. Terdapat perbedaan pendapat antar peneliti dimana, terdapat gagasan yang menyatakan bahwa etilen diproduksi sebagai hasil pada proses perkecambahan biji. Namun terdapat gagasan lain yang menyatakan bahwa etilen diperlukan untuk proses perkecambahan biji. Selain itu hormon etilen diyakini mampu mengendalikan kondisi tanaman seperti stress (Miransari dan Smith, 2014).

4. Asam traumalin

Asam traumalin merupakan hormon gabungan dari beberapa aktivitas hormon seperti giberelin, auksin, dan lainnya atau disebut juga sebagai hormon hipotetik (Suwandi, Azizah & Agustini, 2023). Asam traumalin berperan dalam penyembuhan luka dengan membentuk jaringan kalus yang dapat menutup luka akibat

pemetikan, pemangkasan, maupun serangan hama (Adinugraha *et al.*, 2012).

d. Enzim

Hormon giberelin berperan dalam pengaktifan enzim-enzim dalam tumbuhan (Kurniati, Hartini & Solehudin, 2019). Enzim-enzim berperan dalam merombak cadangan makanan dan melunakkan endosperm. Perombakan cadangan makanan dapat terjadi karena aktivitas enzim hidrolase seperti endo- β -mannanase yang berfungsi dalam hidrolisis galaktomanan (polimer) menjadi monomernya yaitu mannose dan galaktosa (Subandi *et al.*, 2015). Dalam penelitian Hadi, Widajati & Salma (2017) bahwa aplikasi enzim ligninase dan selulase dilaporkan dapat berperan aktif dalam proses perkecambahan benih kelapa sawit. Hal ini karena enzim ligninase berfungsi untuk mendegradasi komponen lignin pada dinding sel tumbuhan dan dapat mendegradasi komponen selulosa pada limbah padat kelapa sawit.

Enzim yang dapat mengurai cadangan makanan berupa amilum menjadi senyawa yang lebih sederhana agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada proses perkecambahan biji disebut enzim α -amilase (Angraini *et al.*, 2013). Selain enzim amilase, enzim protease dan lipase juga memiliki peran sebagaimana enzim amilase (Kurniajati dan Martanti, 2019).

2) Faktor Eksternal

Faktor eksternal merupakan faktor yang berasal dari luar biji tersebut, diantaranya yaitu.

a. Air

Air merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam proses perkecambahan biji. Peran air adalah sebagai sinyal pengaktifan sel-sel yang bersifat embrionik di dalam biji dan melunakkan kulit biji sehingga embrio dapat mengembang dan mempercepat proses perkecambahan biji. Masuknya air kedalam biji mengakibatkan oksigen dapat masuk kedalam biji dan mengencerkan protoplasma sehingga proses metabolisme dapat terjadi. Selain itu air dapat berfungsi mengangkut cadangan makanan dari endosperma ke daerah titik tumbuh yang diperlukan (Ai dan Ballor, 2010).

b. Suhu

Kecepatan pertumbuhan biji dipengaruhi oleh suhu pada saat perkecambahan. Suhu 25-35 °C dapat meningkatkan proses perkecambahan biji. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perendaman biji pada tingkat suhu yang berbeda, yaitu 0, 25, 50, 75, dan 100 °C, memberikan pengaruh nyata dalam perkecambahan biji kopi lampung. Suhu 75 dan 100 °C menghasilkan jumlah kecambah terbanyak dengan nilai rata-rata 11,67% (Junaidi dan Fandi, 2021).

c. Oksigen

Kondisi biji pada saat perkecambahan terbagi menjadi dua yaitu kondisi aerob dan anaerob. Kesesuaian kondisi berpengaruh pada ketersediaan oksigen di dalamnya. Konsentrasi oksigen yang tersedia berkaitan dengan kelanjutan proses respirasi, yaitu oksidasi cadangan makanan untuk menghasilkan energi (Avivi *et al.*, 2021).

d. Cahaya

Cahaya atau sinar matahari merupakan faktor yang sangat dibutuhkan pada saat perkecambahan biji maupun pertumbuhan tanaman (Kencana, Sudarti & Yushardi, 2023). Daya perkecambahan biji terhadap cahaya dipengaruhi oleh jumlah cahaya infra merah yang diserap oleh biji. Penyerapan cahaya infra merah sedikit dapat memungkinkan terjadinya perkecambahan biji (Liat, 2016). Hal ini dapat terjadi dikarenakan cahaya infra merah yang sedikit memiliki intensitas yang lebih kecil sehingga produksi auksin masih ada meskipun sedikit. Cahaya juga dapat berpengaruh pada stimulasi perkecambahan dan dapat menghentikan dormansi pada biji (Wardani dan Latifah, 2016).

e. Media

Media tanam merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat berpengaruh dalam keberhasilan perkecambahan biji. Media tanam dapat berupa tanah ataupun media buatan

dalam laboratorium seperti halnya pada kultur *in vitro*. Faktor dominan dalam proses perkecambahan biji terhadap media tanam yaitu asam gibberelat (GA) dan asam absisat (ABA) (Avivi *et al.*, 2021).

6. Perbanyak Pisang Secara *In vitro*

Negara penghasil pisang utama di dunia adalah India, Cina, Angola, Filipina, Brasil, Ekuador, Indonesia, Guatemala, Kolombia, dan Kamerun. Perbanyak tanaman pisang secara kultur jaringan sangat populer di kalangan petani dan diterima secara luas di dunia terutama negara India (VK, Kapoor & Shukla, 2019). Teknik perbanyak menggunakan sel, jaringan, atau organ tanaman yang ditanam pada wadah transparan yang berisi media tanam buatan yang mengandung nutrisi serta dilakukan di laboratorium secara aseptik disebut teknik kultur jaringan atau kultur *in vitro* (Dwiyani, 2015).

Metode kultur jaringan memiliki berbagai keuntungan dalam perbanyak tanaman diantaranya, yaitu.

- Menghasilkan bibit baru dalam jumlah banyak dengan memiliki kesamaan sifat dengan induk dan bebas penyakit,
- Waktu yang relatif singkat dan hemat dalam penggunaan bahan,

- Tidak tergantung dengan musim karena dapat dilakukan kapan saja,
- Mengembangkan program perakitan varietas baru melalui transformasi, fusi protoplas, pemuliaan *in vitro* dan sebagainya (Sabran *et al.*, 2018).

Kultur *in vitro* memiliki beragam teknik, antara lain organogenesis, embriogenesis somatik, kultur suspensi sel, kultur protoplas, kultur anther, ovul, embrio, dan teknik mikropropagasi dengan menggunakan potongan kecil organ muda suatu tanaman (Hardiyati, Budisantoso & Safia, 2021). Kultur embrio merupakan metode penyelamatan embrio dengan cara menumbuhkan embrio zigotik dalam kondisi aseptis menggunakan media tanam tertentu untuk memperoleh protokol tanaman yang utuh (Maulida dan Erfa, 2020). Jenis kultur embrio terbagi menjadi 2, yaitu kultur embrio dewasa atau embrio yang telah matang pada saat didalam biji pada penyimpanan yang lama dan kultur embrio belum matang atau disebut juga penyelamatan embrio yang bertujuan untuk menghindari hilangnya viabilitas biji tersebut (Tiwari dan Shukla, 2021).

Perbanyak pisang secara *in vitro* dengan teknik kultur embrio telah banyak dilakukan. Media yang paling banyak digunakan dalam teknik kultur embrio adalah Murashige & Skoog (1962) (Murashige dan Skoog, 1962) dan B5 Gamborg

(1968) (Bridgen, 1994). Penggunaan media MS ditambahkan dengan zat pengatur tumbuh (ZPT) untuk menginduksi pembentukan tunas dan akar pisang. Zat pengatur tumbuh yang digunakan pada kultur embrio pisang umumnya, yaitu *benzylamino purine* (BAP) (Backiyarani *et al.*, 2021); *benzyl adenine* (BA) (Kurniajati *et al.*, 2022); *thidiazuron* (TDZ); dan *indole acetic acid* (IAA) (Dayarani *et al.*, 2014). Hormon auksin dan sitokinin yang seimbang pada media tanam dapat memicu pertumbuhan dalam membentuk tunas, akar, dan kalus pada kultur *in vitro* (Wahidah dan Hasrul, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Abdel-Motagaly *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa aplikasi 6 mg/L BA memberikan pengaruh yang nyata pada peningkatan bobot segar dan kering, jumlah tunas, panjang tunas, jumlah daun dan akar pada planlet dibandingkan kontrol. Selain itu pemberian zat pengatur tumbuh berupa BAP dan TDZ sangat mempengaruhi pertumbuhan tunas pada pisang secara cepat karena penambahan sitokinin pada media tanam mampu meningkatkan konsentrasi hormon endogen di dalam sel untuk pertumbuhan jaringan tanaman (Ayuwira, Hidayat & Hendri, 2022).

Kombinasi dari zat pengatur tumbuh BAP dan TDZ saling berkaitan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan eksplan, keduanya bekerja sama dalam memicu pembentukan

tunas baru. Tanaman mempunyai hormon endogen tersendiri, namun demikian tambahan hormon eksogen dapat memicu keseimbangan antar hormon yang berpengaruh dalam perkembangan tanaman (Jannah, Hidayat & Hendri, 2022).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Apriani *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa perbanyakan pisang kultivar Kusto menggunakan BA (2, 3, 4, 5, 6 dan 7 mg/L) menghasilkan tidak adanya pengaruh yang nyata terhadap waktu muncul tunas, jumlah tunas dan panjang tunas. Tunas muncul tercepat pada 36 hari setelah ditanam pada media yang mengandung 6 mg/L BA, sedangkan tunas tertinggi (2,38 cm) dan jumlah tunas terbanyak (1,6 tunas) diperoleh dari eksplan yang ditanam pada media yang mengandung 4 mg/L dan 7 mg/L BA.

Kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *sumatrana* juga telah dilakukan menggunakan media MS dengan tambahan ZPT berupa BA tunggal, TDZ tunggal, PVP tunggal, dan kombinasi ketiga media dengan masing-masing konsentrasi yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pada persentase daya hidup, daya tumbuh, pembentukan akar, jumlah tunas, akar, dan daun yang terbentuk dengan perlakuan media terbaik pada kombinasi antar ketiga media dengan konsentrasi BA 5 mg/L dengan

TDZ 0,1 mg/L dan PVP 300 mg/L pada 6 bulan setelah tanam (Roostika *et al.*, 2019).

Perkecambahan biji pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*, *banksii*, dan *zebrina* dilakukan oleh Kurniajati dan Martanti (2019) menggunakan perlakuan *hydropriming* dengan suhu 25, 37 dan 60 °C, masing-masing selama 30, 60, dan 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji *M. acuminata* var. *banksii* yang direndam dalam larutan *hydropriming* dengan suhu 37 °C selama 60 menit menghasilkan kecambah terbanyak (33,33%) dibandingkan dua varietas lainnya, sedangkan *M. acuminata* var. *malaccensis* berkecambah sebanyak 29,17% setelah direndam pada suhu 37 °C selama 60 menit, dan *M. acuminata* var. *zebrina* sebanyak 10% pada perlakuan *hydropriming* 25 °C selama 90 menit dan 60 °C selama 30 menit. Perlakuan kontrol pada masing-masing pisang liar menghasilkan kecambah sebanyak 3,33%.

Percepatan pemuliaan tanaman pisang pada embrio zigotik telah dilakukan oleh Backiyarani *et al.*, (2021) pada kultivar pisang *M. acuminata* dan *M. velutina* dengan tambahan ZPT berupa BAP dengan konsentrasi yang berbeda (4,44 µM, 8,88 µM, 13,32 µM, 17,76 µM dan 22,2 µM BAP) menghasilkan persentase germinasi dan regenerasi tercepat dan terbaik pada media BAP 17,76 µM dengan tunas majemuk

dari embrio zigotik sebanyak 55,2% pada *M. acuminata* dan 64,1% pada *M. velutina*.

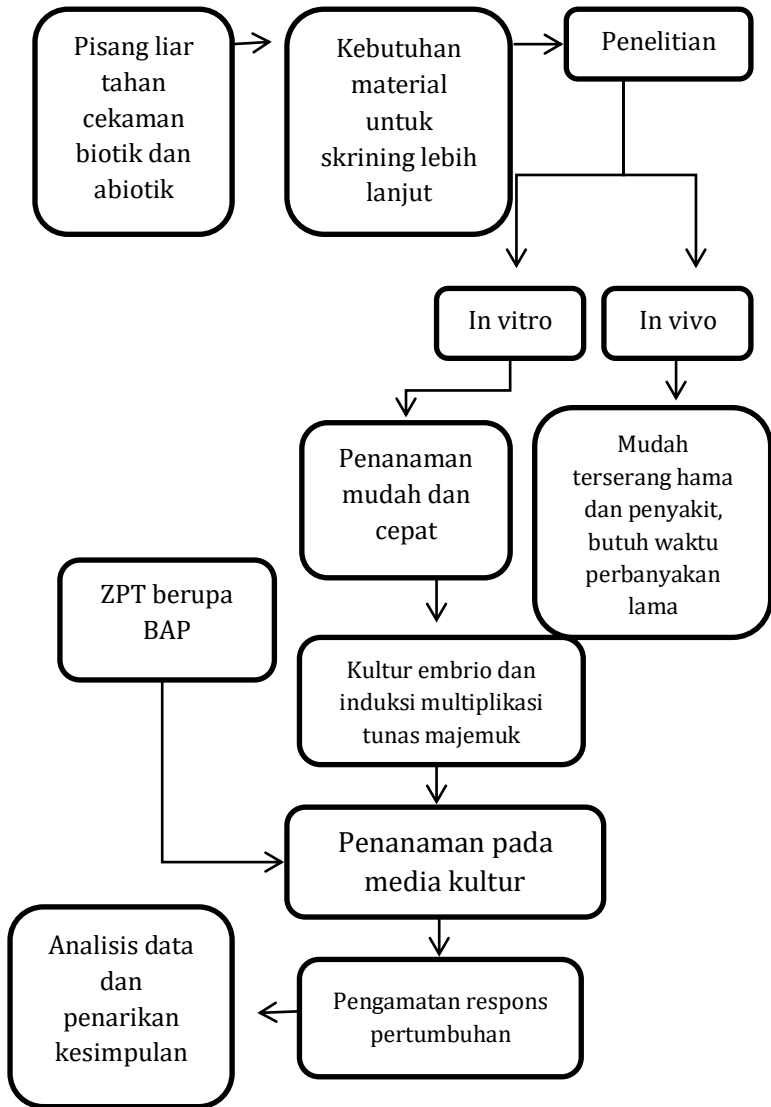
Selanjutnya dilakukan perusakan pada meristem apikal (dekortikasi) tunas tunggal yang kemudian ditanam pada media yang mengandung 17,76 μM BAP dengan total tunas majemuk yang dihasilkan sebanyak 75% pada *M. acuminata* dan 91% pada *M. veluntina*.

Zat pengatur tumbuh berupa BAP juga dilaporkan dapat diaplikasikan untuk teknik makropropagasi pisang dengan konsentrasi yang berbeda-beda (0, 1,5, 2,5 dan 4 mg/L) terhadap *M. acuminata* varietas “*Grand Nain*” dengan metode *screw*, *split*, dan PIF. Dari ketiga perlakuan tersebut dihasilkan pertumbuhan tunas tercepat, yaitu 15 hari setelah tanam pada metode *screw* dengan konsentrasi BAP 2,5 mg/L, dan tunas terbanyak, yaitu 8,93 tunas pada metode PIF dengan konsentrasi BAP 1,5 mg/L (Muhie dan Teshome, 2023).

C. Kerangka Berpikir

Penelitian ini berawal dari plasma nutfah pisang liar dan budidaya hasil skrining atau seleksi untuk ketahanan terhadap penyakit BBTB yang ditanam kebun penelitian di Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno – BRIN, Cibinong. Diantara kedua macam pisang tersebut yang paling banyak tahan terhadap BBTB merupakan pisang liar. Selain itu, untuk melakukan proses skrining lebih jauh, seperti skrining

terhadap cekaman penyakit lainnya dan skrining cekaman abiotik, diperlukan sampel uji (tunas) yang cukup banyak pada satu genotipe yang sama (dari embrio yang sama) untuk mendapatkan hasil skrining yang valid. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai kultur embrio dan multiplikasi tunas pisang liar secara *in vitro*. Berikut skema kerangka berpikir penelitian ini :



Gambar 2.5 Skema Kerangka Berpikir

D. Hipotesis Penelitian

1. H_0 : Pemberian perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap germinasi dan regenerasi kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

H_a : Pemberian perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap germinasi dan regenerasi kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

2. H_0 : Pemberian perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi tidak berpengaruh nyata terhadap induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

H_a : Pemberian perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi berpengaruh nyata terhadap induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2022 sampai Juni 2023 di Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tumbuhan, Gedung Botani, Pusat Riset Rekayasa Genetika, Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno – BRIN, Cibinong yang berlokasi di Jl. Raya Jakarta-Bogor KM. 46, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

B. Sampel Penelitian

Sampel biji pisang liar *Musa acuminata* var. *malaccensis* yang diambil dari kebun plasma nutfah pisang liar di Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno-BRIN, Cibinong. Berikut peta lokasi sampel penelitian dan keragaan tanaman pisang.





Gambar 3.1 Tanaman pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* (Rumpun kode 10H).
(Dokumentasi Penelitian, 2023)

C. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan desain penelitian kuantitatif dan kualitatif dengan metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial. Metode eksperimental umumnya digunakan untuk melakukan percobaan dengan perlakuan secara *in vitro* di laboratorium (Priadana dan Sunarsi, 2021). Penelitian ini terdiri dari dua percobaan yang saling berkaitan.

1. Percobaan 1. Kultur embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

- a. Rancangan penelitian

Percobaan ini menggunakan eksplan berupa biji pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* dengan dua rangkaian,

yaitu tahap perkecambahan *in vitro* dan tahap pembesaran planlet.

Faktor perlakuan yang diujikan pada tahap perkecambahan, yaitu ekstraksi biji dan zat pengatur tumbuh berupa *benzylamino purine* (BAP) yang disajikan dalam Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Faktor perlakuan ekstraksi biji pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

Perlakuan	Kode
Ekstraksi aseptik	E0
Ekstraksi non aseptik	E1

Tabel 3.2 Faktor konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP dalam media perkecambahan

Konsentrasi BAP (mg/L)	Kode
0,5	B1
2	B2
4	B3
6	B4

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga total unit percobaan adalah sebanyak 40 unit percobaan. Masing-masing unit percobaan terdiri dari 15 embrio *M. acuminata* var. *malaccensis* yang ditanam pada media dalam cawan petri secara aseptik. Adapun pengacakan unit percobaan adalah sebagai berikut.

EOB1-1	EOB2-1	EOB3-1	EOB4-1	E1B1-1	E1B2-1	E1B3-1	E1B4-1
EOB3-2	E1B1-2	EOB1-2	E1B4-2	E1B2-2	EOB2-2	EOB4-2	E1B3-2
E1B1-3	E1B4-3	EOB4-3	EOB3-3	E1B3-3	EOB1-3	EOB2-3	E1B2-3
EOB4-4	EOB3-4	E1B1-4	E1B3-4	EOB1-4	E1B4-4	E1B2-4	EOB2-4
E1B3-5	EOB4-5	EOB2-5	E1B2-5	EOB3-5	E1B1-5	E1B4-5	EOB1-5

Selanjutnya pada tahap pembesaran eksplan yang digunakan adalah tunas steril hasil perkecambahan *in vitro*. Faktor perlakuan yang diujikan adalah zat pengatur tumbuh berupa berupa BAP seperti pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak delapan kali sehingga total unit percobaan adalah sebanyak 64 unit percobaan. Masing-masing unit percobaan terdiri dari 3 tunas tunggal hasil regenerasi dari embrio *M. acuminata* var. *malaccensis* dan ditanam secara aseptis dalam botol kultur yang berisi media yang sama seperti pada tahap perkecambahan. Adapun pengacakan unit percobaan adalah sebagai berikut.

EOB1-1	EOB2-1	EOB3-1	EOB4-1	E1B1-1	E1B2-1	E1B3-1	E1B4-1
EOB3-2	E1B1-2	EOB1-2	E1B4-2	E1B2-2	EOB2-2	EOB4-2	E1B3-2
E1B1-3	E1B4-3	EOB4-3	EOB3-3	E1B3-3	EOB1-3	EOB2-3	E1B2-3
EOB4-4	EOB3-4	E1B1-4	E1B3-4	EOB1-4	E1B4-4	E1B2-4	EOB2-4
E1B3-5	EOB4-5	EOB2-5	E1B2-5	EOB3-5	E1B1-5	E1B4-5	EOB1-5
EOB1-6	EOB2-6	EOB3-6	EOB4-6	E1B1-6	E1B2-6	E1B3-6	E1B4-6
EOB4-7	EOB3-7	E1B1-7	E1B3-7	EOB1-7	E1B4-7	E1B2-7	EOB2-7
EOB3-8	E1B1-8	EOB1-8	E1B4-8	E1B2-8	EOB2-8	EOB4-8	E1B3-8

b. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksplan berupa buah dan biji pisang liar spesies *M. acuminata* var.

malaccensis, komposisi media dasar Murashige & Skoog (MS) (Murashige dan Skoog, 1962), zat pengatur tumbuh berupa BAP, gelrite (®Gelzan), natrium hipoklorit (®Bayclin), *tween 20*, alkohol 96%, deterjen cair (®Sunlight), aquades steril, mata pisau steril No. 11 dan 23 (®Auscupal Braun).

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Laminar Air Flow* (LAF), pinset, skalpel No. 3 dan 4, penyaring stainless, gelas ukur, gelas Beaker, cawan petri kaca, cawan petri *disposable* diameter 9 cm, botol kultur ukuran 300 mL, botol Schott (®Duran), karet gelang tahan panas (®BTM), plastik bening tahan panas (®Wayang), autoclave, mikroskop stereo (®Nikon SMZ 1000), magnetic stirer dan hot plate, kompor/microwave, indikator pH 4-7 (®Merck), penyegel plastik (plastic seal), dan kertas tissue kitchen towel.

c. *Prosedur Kerja*

1. Pembuatan Media Perlakuan

Media yang digunakan adalah media dasar MS yang ditambah dengan ZPT berupa BAP pada berbagai konsentrasi. Media MS mengandung makronutrien, mikronutrien, vitamin dan sumber karbon (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Komposisi Medium Murashige & Skoog (MS)

Komposisi	Senyawa	Konsentrasi (mg/L)
Makronutrien	MgSO ₄ .7H ₂ O	370
	CaCl ₂ .2H ₂ O	440
	KNO ₃	1.900
	NH ₄ NO ₃	1.650
	KH ₂ PO ₄	170
Mikronutrien	FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8
	Na ₂ EDTA	37,3
	MnSO ₄ .4H ₂ O	22,3
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,6
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,025
	CoCl ₂ .6H ₂ O	0,025
	KI	0,83
	H ₃ BO ₃	6,2
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,25	
Vitamin	Myo-inositol	100
	Nicotinic acid	0,5
	Pyridoxine HCl	0,5
	Thiamine HCl	0,1-1
	Glycine	2
Sumber Karbon	Gula	30.000

(Murashige dan Skoog, 1962)

Sebelum pembuatan media, langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan larutan stok makronutrien, mikronutrien dan vitamin (kecuali myo-inositol) untuk meningkatkan presisi dan akurasi komposisi media yang akan dibuat, serta meningkatkan efisiensi kerja.

Pembuatan 250 mL (seperempat liter) media untuk masing-masing perlakuan BAP dilakukan dengan menambahkan larutan stok, myo-inositol dan sumber karbon (gula) ke dalam gelas Beaker berukuran 1 liter

yang sebelumnya sudah diisi dengan akuades kurang lebih sebanyak 200 mL. Setelah semua bahan tercampur dan larut, larutan campuran tersebut kemudian ditambah akuades sampai batas 800 mL.

Larutan media dasar MS kemudian dibagi masing-masing 200 mL ke dalam empat botol Schott berukuran 250 mL dan masing-masing botol ditambah BAP dengan konsentrasi yang sesuai dengan perlakuan pada Tabel 3.2, yaitu 0,5, 2, 4, dan 6 mg/L. Selanjutnya larutan dalam masing-masing botol Schott dituang dalam gelas ukur, lalu ditambah akuades sampai batas masing-masing 250 mL. Larutan media kemudian dituang kembali ke dalam botol Schott dan dilakukan pengukuran pH menggunakan kertas pH indikator. Derajat keasaman medium diatur pada pH 5,7-5,8 dengan menambahkan beberapa tetes NaOH 1 N atau HCl 1 N sebelum penambahan pematik, yaitu gelrite sebanyak 0,5 g (konsentrasi 2 g/L). Media tersebut kemudian disterilisasi dengan autoclave pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C selama 20 menit. Selanjutnya media yang sudah steril dituang ke petri disposable di LAF disegel, diberi label dan disimpan dilemari media.

Untuk media tahap pembesaran, setelah pengukuran pH dan penambahan bahan pematik, larutan media

dipanaskan hingga mendidih dan gelrite larut sempurna menggunakan kompor atau *microwave*. Kemudian media dituang sebanyak 25 mL ke dalam botol-botol kultur yang berukuran 300 mL dan ditutup dengan plastik bening tahan panas yang direkatkan menggunakan karet gelang. Media dalam botol kemudian diberi label, disterilisasi, dan setelah itu disimpan di lemari media.

2. Ekstraksi Biji dan Isolasi Embrio

Ekstraksi biji merupakan kegiatan pemisahan biji dari daging buah yang secara manual dilakukan menggunakan tangan dan alat bantu lainnya, seperti pisau atau saringan nilon. Sedangkan isolasi embrio merupakan proses pengambilan embrio dari biji dengan cara memotong biji secara membujur secara hati-hati sehingga embrio tidak terpotong atau rusak, kemudian mencungkil embrio yang melekat di bagian dalam mikropil menggunakan alat bantu berupa skalpel dengan ujung mata pisau yang tajam. Proses ekstraksi biji dalam percobaan ini dilakukan dengan dua metode, yaitu secara aseptik dan non aseptik. Buah yang digunakan untuk kultur embrio berasal dari sisir yang sama dan dipanen pada waktu yang bersamaan.

- Ekstraksi biji secara aseptik

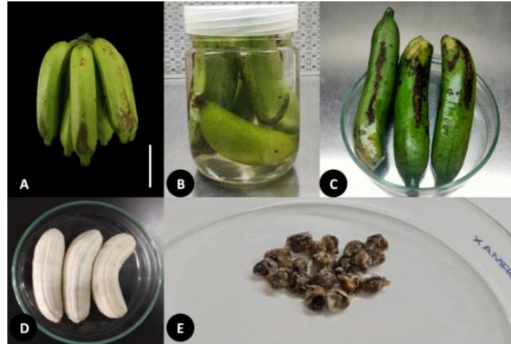
Ekstraksi biji aseptik dilakukan di dalam LAF dengan merujuk pada penelitian Roostika *et al.*, (2019). Buah pisang yang digunakan dalam ekstraksi aseptis adalah buah yang telah memasuki fase masak fisiologis yang dicirikan dengan kulit buah yang masih berwarna hijau (belum menguning) dan sudut-sudut buah mulai membulat (Gambar 3.2A), bijinya keras, kulit biji yang berwarna coklat tua kehitaman, dan endosperma yang memenuhi rongga dalam biji (Gambar 2.2B). Daging buah pada fase ini masih cukup keras sehingga mudah dipisahkan dari biji menggunakan skalpel dan mata pisau. Jika buah sudah menguning maka daging buah telah lunak dan melekat kuat dengan biji sehingga sukar dibersihkan.

Segera setelah dipetik dari pohon, buah tersebut dicuci bersih menggunakan deterjen cair sembari digosok dengan spons untuk membersihkan sisa getah dan kotoran yang menempel pada permukaan buah. Buah kemudian diletakkan dalam wadah yang bersih lalu dilakukan proses sterilisasi permukaan di LAF.

Sterilisasi buah dilakukan dengan merendam buah dalam alkohol 96% selama 5 menit (Gambar 3.2B), kemudian dibakar diatas api bunsen. Api dibiarkan

padam lalu buah dicelup kembali ke dalam alkohol 96% selama beberapa saat dan dibakar kembali. Proses ini diulang sebanyak 3 kali.

Langkah selanjutnya adalah proses ekstraksi biji. Buah yang telah steril dikupas kulitnya dan diambil biji-bijinya yang kemudian dibersihkan dari sisa daging buah yang menempel menggunakan alat bantu berupa pinset dan skalpel dengan mata pisau (Gambar 3.2C-E). Biji tersebut digunakan sebagai eksplan inisiasi biji pisang liar untuk dilakukan pengambilan embrio pisang. Embrio ditanam pada masing-masing media perlakuan sebanyak 15 embrio per petri. Selanjutnya diberi label dan disimpan di rak kultur tanpa pencahayaan selama 4 minggu serta dilakukan proses subkultur (pembesaran) sebanyak 2-3 kali. Tahap sterilisasi eksplan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



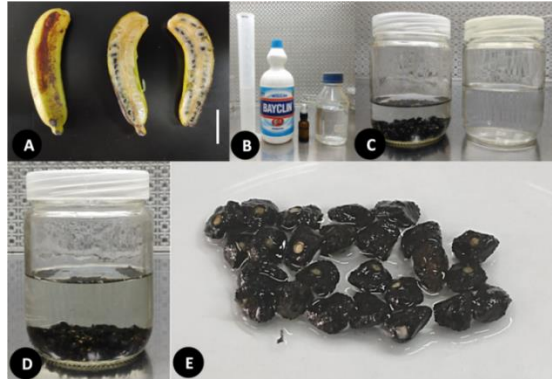
Gambar 3.2 Tahap sterilisasi buah pisang *M. acuminata* var. *malaccensis* untuk proses ekstraksi biji secara aseptis. A) Buah yang telah masak fisiologis (skala: 5 cm); B) Perendaman buah dalam alkohol 96%; C) Buah yang steril; D) Buah yang telah dikupas; E) Hasil ekstraksi biji secara aseptis.
(Dokumentasi Penelitian, 2023)

- Ekstraksi non aseptik

Ekstraksi biji non-aseptik dilakukan di luar LAF dengan merujuk pada penelitian Backiyarani *et al.*, (2021). Buah pisang yang digunakan dalam metode ini adalah buah yang telah menguning dan daging buah yang lunak. Buah dipanen bersamaan dengan buah pada metode ekstraksi aseptis kemudian diperam selama kurang lebih 2-3 hari hingga matang, yaitu berubah warna dari hijau menjadi kuning dan daging buah sudah lunak (Gambar 3.3A). Biji-biji buah ini berwarna hitam pekat (Gambar 3.3E).

Setelah buah matang, biji diekstrak dengan cara menggosok biji di saringan nilon menggunakan spons cuci piring di bawah air mengalir hingga bersih dari daging buah. Biji yang sudah bersih kemudian dimasukkan dalam wadah dan disterilisasi di LAF. Sterilisasi permukaan biji dilakukan secara bertingkat, yaitu pertama, biji direndam dalam larutan natrium hipoklorit 25% dan Tween 20 2-3 tetes selama 15 menit kemudian dibilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali, kedua, biji direndam dalam alkohol 96% selama 5 menit kemudian dibilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali (Gambar 3.3B-D). Biji kemudian ditiriskan pada cawan petri yang telah dialasi dengan tissue steril. Biji yang diambil merupakan biji yang tenggelam pada waktu sterilisasi biji.

Selanjutnya dilakukan inisiasi biji pisang untuk pengambilan embrio pisang. Embrio ditanam pada masing-masing media perlakuan sebanyak 15 embrio per petri. Selanjutnya diberi label dan disimpan di rak kultur tanpa pencahayaan selama 4 minggu serta dilakukan proses subkultur (pembesaran) sebanyak 2-3 kali. Tahap sterilisasi eksplan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tahap sterilisasi buah pisang *M. acuminatavar. malaccensis* untuk proses ekstraksi biji secara non-aseptis. A). Buah matang (skala: 5 cm); B-D). Sterilisasi permukaan biji; E). Biji hasil ekstraksi secara non-aseptis.
(Dokumentasi Penelitian, 2023)

3. Tahap Pembesaran Tunas

Tahap pembesaran tunas merupakan kegiatan pemindahan eksplan usia 4 minggu dari cawan petri ke botol kultur dengan media yang sama. Hal ini bertujuan untuk memicu pertumbuhan tanaman dengan sempurna. Ketika eksplan mencapai usia 6 minggu dilakukan proses subkultur tanaman agar pertumbuhan tanaman dapat terus terjadi, hingga mencapai ukuran yang sesuai untuk dilakukan Percobaan 2. Proses subkultur dilakukan dengan pemotongan bagian ujung pucuk hingga tersisa eksplan berukuran kurang lebih 1 cm dan pembersihan daun yang tumbuh pada tanaman.

d. *Parameter Pengamatan*

Parameter yang diamati pada Percobaan 1 meliputi parameter kuantitatif dan parameter kualitatif. Masing-masing parameter dijelaskan sebagai berikut.

- Parameter Kuantitatif

1. Daya Berkecambah (Germinasi)

Perhitungan germinasi dilakukan setiap dua minggu sekali pada tahap perkecambahan dengan penghitungan sebagai berikut.

$$\text{Germinasi (\%)} = \frac{\text{Jumlah embrio yang tumbuh}}{\text{Jumlah total embrio yang ditanam}} \times 100$$

2. Laju Perkecambahan

Perhitungan laju perkecambahan dilakukan setiap hari selama dua minggu (14 hari) pada tahap perkecambahan dengan penghitungan sebagai berikut.

$$\text{Laju Perkecambahan (\%/hari)} = \frac{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}{(G_1T_1 + G_2T_2 + \dots + G_nT_n)} \times 100$$

Keterangan :

G = Jumlah embrio yang berkecambah pada hari T

T = Waktu pengamatan (hari)

3. Kecepatan Perkecambahan

Perhitungan kecepatan perkecambahan dilakukan setiap hari selama dua minggu (14 hari) pada tahap perkecambahan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Kecepatan perkecambahan} = \frac{\text{Hari pertama embrio tumbuh/ulangan}}{\text{Jumlah ulangan}}$$

4. Rata-rata Tunas Majemuk per Embrio

Rata-rata tunas majemuk diambil dari jumlah tunas majemuk pada pengamatan tahap pembesaran planlet setiap dua minggu sekali, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan sebagai hasil. Penghitungan rata-rata tunas majemuk sebagai berikut.

$$\text{Rata - rata tunas majemuk} = \frac{\text{Jumlah tunas majemuk/tunas/ulangan}}{\text{Jumlah ulangan}}$$

5. Tinggi Tunas

Tinggi tunas diukur menggunakan penggaris ukuran 30 cm dari ujung pangkal eksplan sampai ujung pucuk tunas. Pengukuran dilakukan pada waktu pengamatan minggu terakhir dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Tinggi tunas (cm)} = \frac{\text{Jumlah tinggi tunas/eksplan/ulangan}}{\text{Jumlah ulangan}}$$

6. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung per helai dari tunas yang ditanam per botol dan diamati pada waktu pengamatan minggu terakhir dengan perhitungan sama dengan tinggi tunas.

- Parameter Kualitatif

1. Respon Eksplan (Kalus, Abnormal, dan Mati)

Respon terbentuknya kalus, kecambah abnormal dan embrio mati diamati setiap satu minggu sekali pada tahap perkecambahan, namun hanya pengamatan

terakhir yang disajikan sebagai hasil. Penghitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Respon Eksplan (\%)} = \frac{\text{Jumlah embrio yang merespon}}{\text{Jumlah total embrio yang ditanam}} \times 100$$

Pertumbuhan abnormal dicirikan dengan tumbuhnya tunas yang berwarna pucat dan memiliki pertumbuhan yang lebih lama daripada eksplan lainnya karena pertumbuhannya terhambat oleh kalus yang selalu berproliferasi disekitar eksplan.

2. Respon Tunas Berakar, Tunas Tunggal, dan Tunas Majemuk

Respon pembentukan tunas diamati setiap dua minggu sekali pada tahap pembesaran, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan sebagai hasil. Penghitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Respon Tunas (\%)} = \frac{\text{Jumlah tunas yang tumbuh}}{\text{Jumlah total tunas yang ditanam}} \times 100$$

Tunas yang dikategorikan majemuk merupakan tunas yang tumbuh lebih dari satu tunas dari satu eksplan yang sama.

3. Fase Perkecambahan

Fase perkecambahan menuju ke tunas dikelompokkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

a) Fase I

Fase I bercirikan dengan embrio yang telah mengalami pembengkakan (*swollen*) dan terdapat bakal tunas serta rambut-rambut akar (Gambar 4.1).

b) Fase II

Fase II dicirikan dengan telah terbentuknya tunas utama dan rambut-rambut akar (Gambar 4.2).

c) Fase III

Fase III dicirikan dengan terbentuknya tunas dan akar utama (Gambar 4.3).

Pengamatan fase dilakukan setiap satu minggu sekali dengan penghitungan sebagai berikut.

Fase Perkecambahan (%)

$$= \frac{\text{Jumlah embrio yang tumbuh per fase}}{\text{Jumlah total embrio yang ditanam}} \times 100$$

2. Percobaan 2. Multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

a. *Rancangan Penelitian*

Eksplan yang digunakan dalam Percobaan 2 adalah tunas tunggal steril yang berumur 8-10 minggu setelah dikecambahkan. Faktor perlakuan yang diujikan pada Percobaan 2, yaitu dekapitasi meristem dan media tanam, sebagaimana tertera pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor perlakuan dekapitasi meristem pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

Perlakuan Dekapitasi	Kode
Utuh	D0
Sayatan membujur (satu kali)	D1
Sayatan silang (dua kali)	D2

Tabel 3.5 Faktor perlakuan media dengan BAP konsentrasi tinggi

Konsentrasi BAP (mg/L)	Kode
0	B0
6	B1

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 10 kali sehingga total unit percobaan adalah sebanyak 60 unit percobaan, masing-masing terdiri dari 1 tunas. Adapun pengacakan unit percobaan adalah sebagai berikut.

B0D0-1	B0D1-1	B0D2-1	B1D0-1	B1D1-1	B1D2-1
B0D2-2	B0D0-2	B1D0-2	B1D1-2	B1D2-2	B0D1-2
B1D0-3	B1D1-3	B0D0-3	B0D2-3	B0D1-3	B1D2-3
B1D1-4	B0D1-4	B1D2-4	B0D0-4	B0D2-4	B1D0-4
B0D1-5	B0D2-5	B1D0-5	B1D1-5	B1D2-5	B0D0-5
B1D1-6	B1D0-6	B0D1-6	B1D2-6	B0D0-6	B0D2-6
B1D2-7	B1D1-7	B0D2-7	B0D0-7	B1D0-7	B0D1-7
B1D0-8	B0D0-8	B1D2-8	B0D1-8	B0D2-8	B1D1-8
B0D1-9	B0D2-9	B1D0-9	B0D0-9	B1D1-9	B1D2-9
B0D0-10	B1D0-10	B1D1-10	B0D2-10	B0D1-10	B1D2-10

b. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksplan berupa tunas tunggal steril pisang liar spesies *M. acuminata* var. *Malaccensis* hasil tahap pembesaran planlet yang

berumur 8-10 minggu, komposisi media dasar Murashige & Skoog (MS) (Murashige dan Skoog, 1962), zat pengatur tumbuh berupa BAP, gelrite (®Gelzan), mata pisau steril No. 11 dan 23 (®Auscupal Braun).

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Laminar Air Flow* (LAF), pinset, skalpel No. 3 dan 4, cawan petri kaca, botol kultur ukuran 300 mL, botol Schott (®Duran), karet gelang tahan panas (®BTM), plastik bening tahan panas (®Wayang), autoclave, magnetic stirer dan hot plate, kompor/microwave, indikator pH 4-7 (®Merck), penyegel plastik (plastic seal), dan kertas tissue kitchen towel.

c. *Prosedur Kerja*

1. Pembuatan Media Perlakuan

Media perlakuan pada Percobaan 2 menggunakan media kontrol (MS Dasar) dan media terbaik pada Percobaan 1 yaitu BAP 6 mg/L. Media MS dasar memiliki komposisi yang sama seperti pada Tabel 3.3. Media MS dasar yang sudah homogen ditambahkan dengan aquades sampai batas 800 mL. Sebelum pengukuran pH media dibagi menjadi dua masing-masing 400 mL kedalam botol Schott. Untuk media MS dasar ditambahkan aquades sampai batas 500 mL, kemudian untuk media MS+BAP ditambahkan konsentrasi BAP 6 mg/L dan ditambahkan aquades sampai batas 500 mL.

Selanjutnya diukur konsentrasi pH medium pada masing-masing media menjadi 5,7-5,8 dengan beberapa tetes NaOH 1N atau HCL 1N sebelum penambahan media pemat. Jika pH media sudah sesuai ditambahkan gelrite 2 g/L dan dimasak diatas kompor dengan api sedang sampai mendidih, kemudian media dituang sebanyak 25 mL kedalam botol kultur berukuran 300 mL dan ditutup dengan plastik direkatkan dengan karet serta diberi label. Sterilisasi media dilakukan dengan autoclave pada tekanan 1 atm dan suhu 121°C selama 20 menit. Media kemudian disimpan di rak media.

2. Perlakuan

Dekapitasi merupakan perlakuan sayatan yang diaplikasikan pada meristem apikal yang bertujuan untuk merusak jaringan meristem dan menginduksi pertumbuhan tunas aksilar. Umumnya perlakuan dekapitasi dilakukan dengan dua kali sayat (silang, *cross-cut*) pada bonggol pisang (Sastry dan Zitter, 2014).

Pada penelitian ini dekapitasi dilakukan pada minggu ke 8-10 pada tahap pembesaran planlet. Eksplan yang digunakan adalah tunas tunggal hasil regenerasi embrio zigotik. Perlakuan ini dibagi menjadi tiga yaitu : tunas utuh (tanpa sayatan), sayatan membujur (satu kali), dan sayatan silang (dua kali). Perlakuan ini bertujuan untuk

mengganggu pertumbuhan meristem apikal dan mendapatkan pucuk aksilar yang lebih banyak (Backiyarani *et al.*, 2021). Dekapitasi meristem dilakukan dalam LAF menggunakan skalpel No. 3 dengan mata pisau steril No. 11 dengan ukuran tunas masing-masing perlakuan kurang lebih 1 cm.

d. *Parameter Pengamatan*

Parameter yang diamati pada Percobaan 2 meliputi parameter kuantitatif dan parameter kualitatif. Masing-masing parameter dijelaskan sebagai berikut.

- Parameter Kuantitatif

1. Rata-rata Tunas Majemuk per Tunas

Rata-rata tunas majemuk diambil dari jumlah tunas multiple pada pengamatan satu minggu sekali, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan sebagai hasil. Perhitungan rata-rata tunas majemuk per tunas sama seperti perhitungan rata-rata tunas majemuk per embrio pada Percobaan 1.

2. Tinggi Tunas

Tinggi tunas diukur menggunakan penggaris ukuran 30 cm dari ujung pangkal eksplan sampai ujung pucuk tunas. Pengukuran dilakukan setiap satu minggu sekali, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan

sebagai hasil dengan penghitungan sama dengan tinggi tunas pada Percobaan 1.

3. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung per helai dari tunas yang ditanam per botol dan diamati setiap satu minggu sekali, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan sebagai hasil dengan penghitungan sama dengan tinggi tunas.

- Parameter Kualitatif

1. Respon Tunas Berakar, Regenerasi, Tunas Tunggal, dan Tunas Majemuk.

Pengamatan respon tunas pada Percobaan 2 dilakukan setiap satu minggu sekali, namun hanya pengamatan terakhir yang disajikan sebagai hasil dengan penghitungan setiap tunas yang merespon sama dengan penghitungan pada Percobaan 1.

D. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi dan diolah dengan Microsoft Excel, kemudian dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak R ver. 4.2.3. Analisis data secara statistik meliputi ANOVA dan abnormalitas data. Data yang abnormal diolah kembali dengan rumus $=\sqrt{n+1}$. Data yang telah normal dan menunjukkan beda nyata berdasarkan

ANOVA kemudian diuji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf $p \leq 0,05$.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

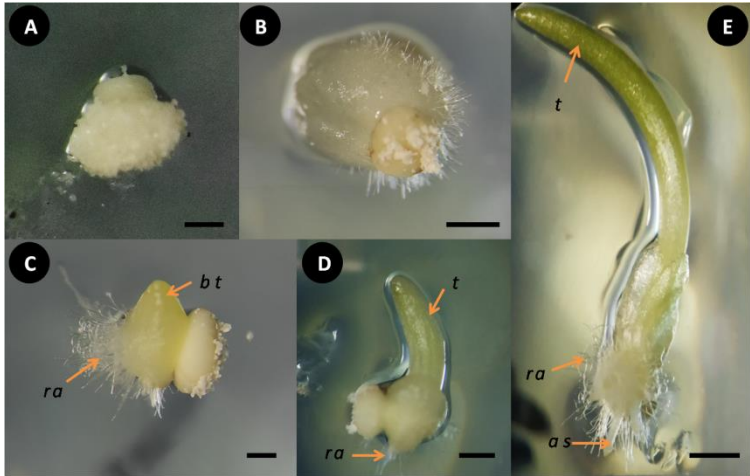
A. Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan rangkaian percobaan yang terdiri dari dua percobaan dan berkaitan satu sama lain. Berikut hasil yang telah diperoleh dalam penelitian ini.

1. Kultur Embrio Pisang Liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

a. Tahap Perkecambahan

Embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* berukuran diameter ± 5 mm, berwarna putih gading (Gambar 4.1A). Perkecambahan embrio pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* diawali dengan pembengkakan jaringan embrio (*swollen*) yang merupakan respon dari proses imbibisi air ke dalam embrio (Gambar 4.1B) (Bewley, 1997). Embrio kemudian tumbuh dan berkembang membentuk tunas dan akar. Dalam penelitian ini perkembangan embrio pisang dibedakan menjadi 3 fase, yaitu (i) Fase I. Embrio mulai membentuk bakal tunas dan rambut akar (Gambar 4.1C), (ii) Fase II. Tunas mulai terbentuk dan berwarna kehijauan (Gambar 4.1D), dan (iii) Fase III. Tunas mengalami elongasi dan telah terbentuk akar sejati (Gambar 4.1E).



Gambar 4.1 Pertumbuhan dan perkembangan embrio pisang menjadi tunas pada media perkecambahan selama 4 minggu.

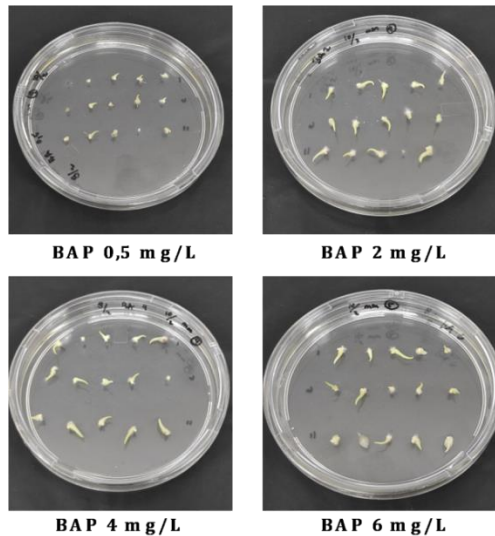
A) Embrio pisang *M. acuminata* var. *malaccensis* (Skala : 1 mm); B) Embrio mengalami swollen (Skala : 2 mm); C) Fase I. Embrio mulai membentuk bakal tunas dan rambut akar (Skala : 1 mm); D) Fase II. Tunas mulai terbentuk (Skala : 1 mm); E) Fase III. Elongasi tunas dan pembentukan akar sejati (Skala : 2 mm). Keterangan: *bt*: bakal tunas; *ra*: rambut akar; *t*. tunas; *as*: akar sejati.

(Dokumentasi Penelitian, 2023)

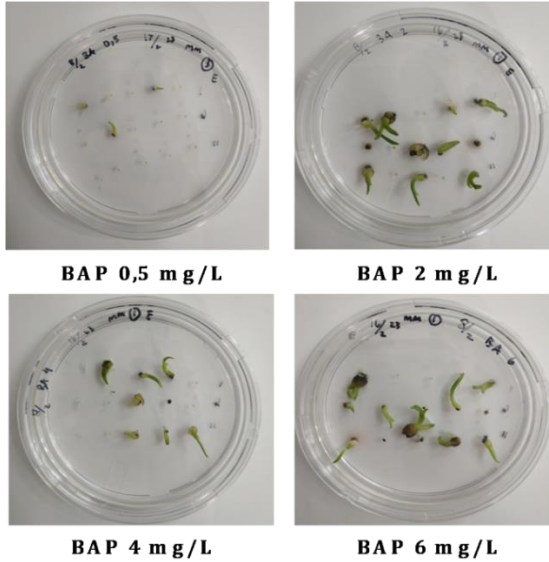
Embrio ditanam pada media perkecambahan dengan konsentrasi BAP yang berbeda (Gambar 4.2 dan 4.3). Pembentukan kecambah menuju tunas diawali dengan pembentukan kalus yang tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan dan media yang disajikan pada Tabel 4.5. Selanjutnya dari bentuk kalus akan mengalami pertumbuhan fase perkecambahan seperti Gambar 4.2. Media BAP 4 mg/L

ekstraksi aseptik merupakan media tercepat pada saat pembentukan kecambah.

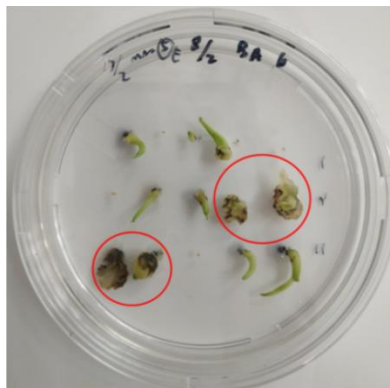
Perlakuan ekstraksi biji berpengaruh nyata terhadap germinasi secara signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$ dengan hasil rata-rata perkecambahan terbanyak 96% pada media BAP 2 mg/L ekstraksi aseptik (Tabel 4.2) dengan laju perkecambahan 13% (Tabel 4.3). Namun, media BAP 2 mg/L memiliki tingkat pertumbuhan kecambah abnormal tinggi yaitu 9% perlakuan ekstraksi non aseptik dan 1% ekstraksi aseptik. Respon kecambah mati terbanyak pada media BAP 6 mg/L dengan hasil persentase 17% ekstraksi non aseptik.



Gambar 4.2 Perkecambahan embrio dari perlakuan ekstraksi aseptik pada minggu ke-4 setelah inokulasi.
(Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.3 Perkecambahan embrio dari perlakuan ekstraksi non aseptik pada minggu ke-4 setelah inokulasi (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.4 Kecambah abnormal yang teramati pada minggu ke-4 setelah inokulasi. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

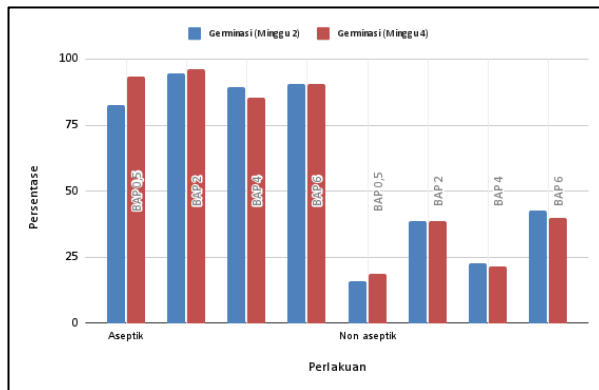
Perkecambahan terbanyak pada minggu ke-1 fase I yaitu pada perlakuan ekstraksi aseptik pada media BAP 4 mg/L, dan terendah pada perlakuan ekstraksi non aseptik terhadap semua media. Fase II, dan III di minggu ke-1 belum terbentuk pada setiap perlakuan. Pada minggu ke-2,3, dan 4 perkecambahan tumbuh dengan terbanyak pada media BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik pada fase I,II, dan III berturut-turut, dan perkecambahan terendah pada media BAP 0,5 perlakuan ekstraksi non aseptik pada fase I,II, dan III berturut-turut (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase fase perkecambahan per-minggu

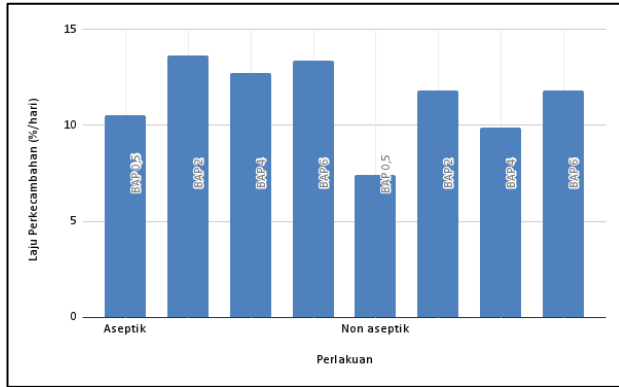
Perlakuan	Media (mg/L)	Minggu ke-1			Minggu ke-2			Minggu ke-3			Minggu ke-4		
		FI	FII	FIII	FI	FII	FIII	FI	FII	FIII	FI	FII	FIII
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	4,00	0,00	0,00	28,00	34,67	9,33	12,00	40,00	24,00	9,33	38,67	36,00
	BAP 2	42,67	0,00	0,00	9,33	69,33	13,33	2,67	65,33	25,33	0,00	65,33	29,33
	BAP 4	45,33	0,00	0,00	18,67	61,33	1,33	4,00	73,33	5,33	1,33	78,67	4,00
	BAP 6	38,67	0,00	0,00	13,33	69,33	1,33	1,33	69,33	12,00	6,67	68,00	14,67
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	0,00	0,00	0,00	6,67	2,67	0,00	6,67	13,33	0,00	1,33	13,33	2,67
	BAP 2	0,00	0,00	0,00	12,00	10,67	0,00	16,00	21,33	1,33	4,00	25,33	2,67
	BAP 4	0,00	0,00	0,00	6,67	5,33	0,00	6,67	17,33	0,00	0,00	17,33	0,00
	BAP 6	0,00	0,00	0,00	13,33	12,00	0,00	2,67	29,33	0,00	5,33	30,67	0,00

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata (n = 5; 15 embrio). F I: Fase I perkecambahan; F II: Fase II perkecambahan; F III: Fase III perkecambahan. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

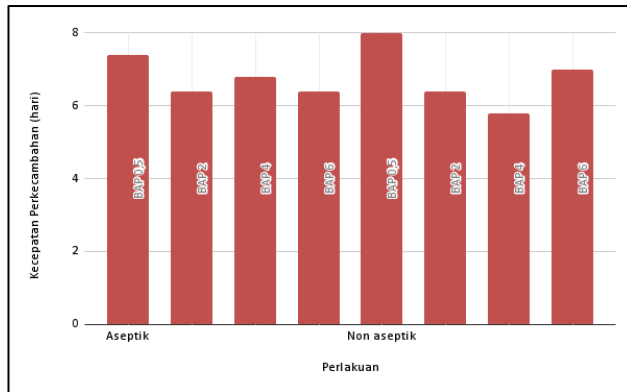
Daya perkecambahan tertinggi yaitu pada perlakuan ekstraksi aseptik dengan rata-rata 82-96% dan terendah pada perlakuan ekstraksi non aseptik dengan rata-rata 16-42% (Tabel 4.2). Laju perkecambahan pada perlakuan ekstraksi aseptik tercepat, yaitu 13% pada media BAP 2 dan 6 mg/L selama 14 hari pengamatan setelah tanam, sedangkan laju terendah, yaitu pada media BAP 0,5 perlakuan non aseptik (Tabel 4.3). Perlakuan ekstraksi aseptik berkecambah rata-rata pada hari ke 6-7 setelah tanam, sedangkan perlakuan ekstraksi non aseptik berkecambah rata-rata pada hari ke 6-8 setelah tanam (Tabel 4.4). Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase germinasi, laju perkecambahan, dan kecepatan perkecambahan dapat dilihat pada Gambar 4.5-4.7.



Gambar 4.5 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase germinasi pada minggu ke-2 dan 4 setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.6 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase laju perkecambahan selama 14 hari pengamatan setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.7 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap kecepatan perkecambahan. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.2 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase germinasi pada minggu ke-2 dan ke-4

Perlakuan	Media (mg/L)	Minggu ke-2 Germinasi (%)	Minggu ke-4 Germinasi (%)
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	82 ± 2,66 a	93 ± 3,65 a
	BAP 2	94 ± 3,88 a	96 ± 4,00 a
	BAP 4	89 ± 7,77 a	85 ± 8,53 a
	BAP 6	90 ± 6,18 a	90 ± 6,53 a
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	16 ± 5,41 c	18 ± 6,79 b
	BAP 2	38 ± 8,79 b	38 ± 10,19 b
	BAP 4	22 ± 7,48 bc	21 ± 7,42 b
	BAP 6	42 ± 12,40 b	40 ± 11,54 b

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error (n = 5; 15 embrio). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

Tabel 4.3 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase laju perkecambahan selama 14 hari pengamatan setelah tanam

Perlakuan	Media (mg/L)	Laju Perkecambahan (%/hari)*
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	10 ± 0,29 ab
	BAP 2	13 ± 0,44 a
	BAP 4	12 ± 0,41 a
	BAP 6	13 ± 0,62 a
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	7 ± 1,94 b
	BAP 2	11 ± 0,46 ab
	BAP 4	9 ± 2,52 ab
	BAP 6	11 ± 0,83 ab

Ket. Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error (n = 5; 15 embrio). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

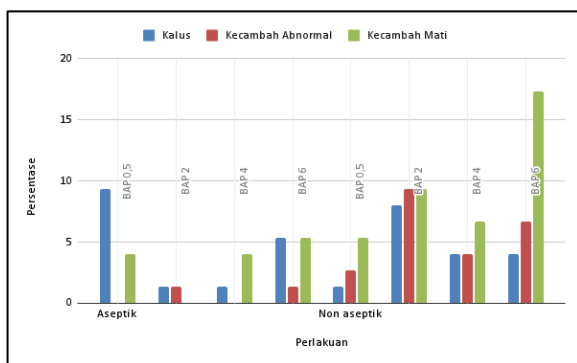
Tabel 4.4 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap kecepatan perkecambahan

Perlakuan	Media (mg/L)	Kecepatan Perkecambahan (hari)
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	7,40 ± 0,24
	BAP 2	6,40 ± 0,24
	BAP 4	6,80 ± 0,20
	BAP 6	6,40 ± 0,24
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	8,00 ± 2,16
	BAP 2	6,40 ± 0,24
	BAP 4	5,80 ± 1,46
	BAP 6	7,00 ± 0,00

Ket. Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata± standar error (n = 5; 15 embrio).

Pertumbuhan kalus pada minggu ke-4 memiliki persentase terbanyak, yaitu 9% pada media BAP 0,5 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik, dan persentase terkecil, yaitu 1% pada media BAP 2 dan BAP 4 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik, serta BAP 0,5 mg/L pada perlakuan ekstraksi non aseptik (Tabel 4.5). Konsentrasi BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi non aseptik menghasilkan kecambah abnormal paling tinggi, yaitu 9%, sedangkan konsentrasi BAP 0,5 dan 4 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik menghasilkan kecambah abnormal paling rendah, yaitu 0% (Tabel 4.6). Namun, media BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik menghasilkan kecambah mati terendah, yaitu 0%, sedangkan persentase kecambah mati terbanyak, yaitu 17% pada media BAP 6 mg/L perlakuan ekstraksi non aseptik (Tabel 4.7). Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP

terhadap persentase kalus, kecambah abnormal, dan kecambah mati dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kalus, kecambah abnormal, dan kecambah mati pada minggu ke-4 setelah tanam.

(Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.5 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase pembentukan kalus pada minggu ke-4

Perlakuan	Media (mg/L)	Kalus (%)*
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	9 ± 3,39 a
	BAP 2	1 ± 1,33 a
	BAP 4	1 ± 1,33 a
	BAP 6	5 ± 3,88 a
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	1 ± 1,33 a
	BAP 2	8 ± 2,49 a
	BAP 4	4 ± 2,66 a
	BAP 6	4 ± 4,00 a

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error (n = 5; 15 embrio). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

Tabel 4.6 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kecambah abnormal pada minggu ke-4

Perlakuan	Media (mg/L)	Kecambah Abnormal (%)*
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	0 ± 0,00 b
	BAP 2	1 ± 1,33 ab
	BAP 4	0 ± 0,00 b
	BAP 6	1 ± 1,33 ab
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	2 ± 2,66 ab
	BAP 2	9 ± 4,52 a
	BAP 4	4 ± 2,66 ab
	BAP 6	6 ± 5,16 ab

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error (n = 5; 15 embrio). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

Tabel 4.7 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase kecambah mati pada minggu ke-4

Perlakuan	Media (mg/L)	Kecambah Mati (%)
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	4 ± 1,63 b
	BAP 2	0 ± 0,00 b
	BAP 4	4 ± 2,66 b
	BAP 6	5 ± 3,88 b
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	5 ± 2,49 b
	BAP 2	9 ± 6,18 ab
	BAP 4	6 ± 2,98 ab
	BAP 6	17 ± 4,98 a

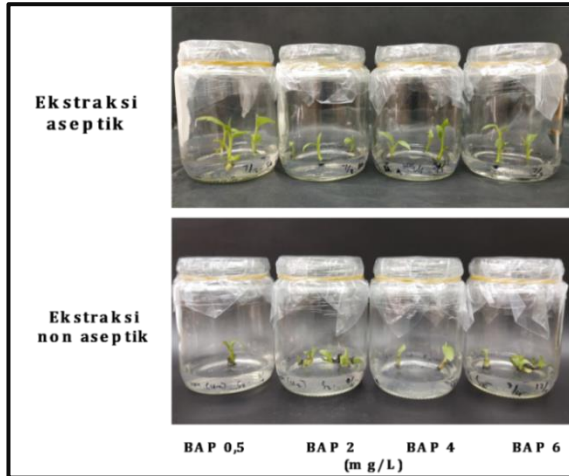
Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error (n = 5; 15 embrio). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

b. Tahap Pembesaran Planlet

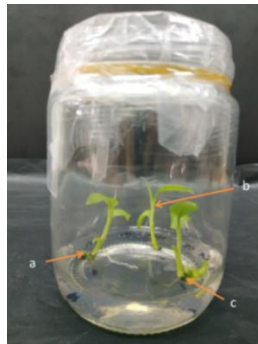
Tahap pembesaran planlet merupakan pemindahan eksplan dari cawan petri kedalam botol dengan media yang sama agar pertumbuhannya lebih maksimal (Gambar 4.9). Tahap ini disebut juga subkultur. Parameter pada tahap pembesaran planlet yaitu respon pertumbuhan tunas. Respon pembentukan akar pada tunas (Gambar 4.10a) terbanyak yaitu 81% pada media BAP 2 mg/L ekstraksi aseptik.

Pertumbuhan tunas dapat terbentuk menjadi tunas tunggal dan tunas multiple (Gambar 4.10b-c). Hasil rata-rata tunas tunggal yang terbentuk yaitu pada perlakuan ekstraksi aseptik dari hampir keseluruhan media (Tabel 4.9). sedangkan respon tunas majemuk terbanyak yaitu 37% pada perlakuan ekstraksi non aseptik media BAP 6 mg/L dengan rata-rata jumlah tunas majemuk 1,13.

Perlakuan ekstraksi non aseptik biji dan konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun secara signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. tunas tertinggi yaitu 1,81 cm pada media BAP 6 mg/L ekstraksi aseptik dan jumlah daun terbanyak dengan rata-rata 2,81 atau 2-3 helai yaitu pada media BAP 2 mg/L ekstraksi aseptik.



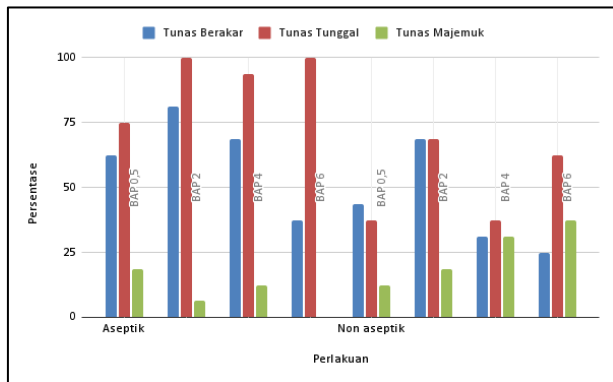
Gambar 4.9 Keragaan tunas yang telah disubkultur dari cawan petri ke botol kultur pada minggu ke 4 setelah subkultur.
(Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.10 Respon pertumbuhan planlet. a) Tunas berakar; b) Tunas tunggal yang belum menumbuhkan akar; c) Tunas majemuk berakar.
(Dokumentasi Penelitian, 2023)

Respon pembentukan akar pada tunas terbanyak, yaitu 81% pada perlakuan ekstraksi aseptik media BAP 2 mg/L dan

pembentukan akar paling rendah, yaitu 25% pada perlakuan ekstraksi non aseptik media BAP 6 mg/L (Tabel 4.8). Persentase pembentukan tunas tunggal terbanyak, yaitu 100% hampir keseluruhan media perlakuan ekstraksi aseptik, dan paling sedikit pada media BAP 0,5 dan 4 mg/L perlakuan ekstraksi non aseptik, yaitu 37%. Perlakuan ekstraksi non aseptik menghasilkan tunas majemuk yang lebih banyak, yaitu 37% pada media BAP 6 mg/L dengan rata-rata jumlah tunas majemuk 1,13 tunas, sedangkan perlakuan ekstraksi aseptik menghasilkan tunas majemuk yang lebih sedikit, yaitu 0% pada media BAP 6 mg/L (Tabel 4.9 dan 4.10). Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk pada minggu ke-4 setelah subkultur. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.8 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon pembentukan tunas berakar pada minggu ke-8

Perlakuan	Media (mg/L)	Respon Tunas Berakar (%)*
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	62 ± 18,29 abc
	BAP 2	81 ± 9,14 a
	BAP 4	68 ± 13,15 ab
	BAP 6	37 ± 12,50 bc
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	43 ± 6,25 abc
	BAP 2	68 ± 13,15 ab
	BAP 4	31 ± 9,14 bc
	BAP 6	25 ± 9,44 c

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 8$; 2 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

Tabel 4.9 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap persentase respon pembentukan tunas tunggal dan majemuk pada minggu ke-8

Perlakuan	Media (mg/L)	Respon tunas (%)*	
		Tunggal	Majemuk
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	75 ± 16,36 ab	18 ± 13,15 abc
	BAP 2	100 ± 0,00 a	6 ± 6,25 bc
	BAP 4	93 ± 6,25 a	12 ± 12,50 abc
	BAP 6	100 ± 0,00 a	0 ± 0,00 c
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	37 ± 8,18 b	12 ± 8,18 abc
	BAP 2	68 ± 13,15 ab	18 ± 13,15 abc
	BAP 4	37 ± 15,66 b	31 ± 13,15 ab
	BAP 6	62 ± 12,50 ab	37 ± 12,50 a

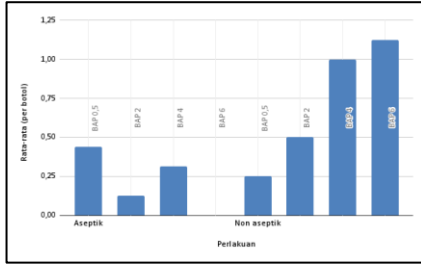
Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 8$; 2 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

Tabel 4.10 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8

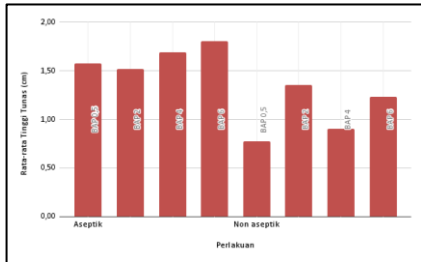
Perlakuan	Media (mg/L)	Rata-rata Jumlah Tunas Majemuk*
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	0,44 ± 0,29 abc
	BAP 2	0,13 ± 0,12 bc
	BAP 4	0,31 ± 0,31 abc
	BAP 6	0,00 ± 0,00 c
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	0,25 ± 0,16 abc
	BAP 2	0,50 ± 0,43 abc
	BAP 4	1,00 ± 0,44 ab
	BAP 6	1,13 ± 0,40 a

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 8$; 2 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

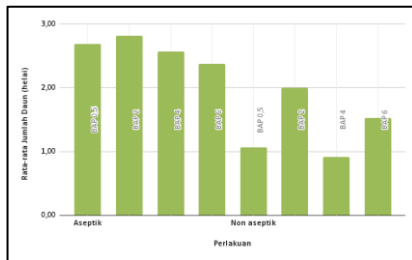
Perlakuan ekstraksi berpengaruh terhadap rata-rata tinggi tunas dan jumlah daun. Media BAP 6 mg/L menghasilkan rata-rata tinggi tunas tertinggi, yaitu 1,81 cm pada perlakuan ekstraksi aseptik dan tunas terpendek pada media BAP 0,5 mg/L perlakuan ekstraksi non aseptik, yaitu 0,78 cm. Jumlah daun terbentuk paling banyak pada media BAP 2 mg/L, yaitu 2,81 helai daun perlakuan ekstraksi aseptik, sedangkan jumlah daun paling sedikit, yaitu 0,91 helai daun pada media BAP 4 mg/L perlakuan ekstraksi non aseptik (Tabel 4.11). Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk, tinggi tunas, dan jumlah daun dapat dilihat pada Gambar 4.12-4.14.



Gambar 4.12 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-4 setelah subkultur. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.13 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata tinggi tunas pada minggu ke-4 setelah subkultur. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.14 Diagram pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah daun pada minggu ke-4 setelah subkultur. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.11 Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap rata-rata tinggi tunas dan jumlah daun pada minggu ke-8

Perlakuan	Media (mg/L)	Rata-rata	
		Tinggi tunas (cm)	Jumlah Daun (helai)
Ekstraksi aseptik	BAP 0,5	1,58 ± 0,09 abc	2,69 ± 0,09 a
	BAP 2	1,52 ± 0,12 abc	2,81 ± 0,16 a
	BAP 4	1,69 ± 0,05 ab	2,56 ± 0,24 ab
	BAP 6	1,81 ± 0,14 a	2,38 ± 0,22 ab
Ekstraksi non aseptik	BAP 0,5	0,78 ± 0,09 e	1,06 ± 0,11 de
	BAP 2	1,36 ± 0,12 bc	1,99 ± 0,27 bc
	BAP 4	0,91 ± 0,15 de	0,91 ± 0,16 e
	BAP 6	1,23 ± 0,08 cd	1,53 ± 0,24 cd

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 8$; 2 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

2. Multiplikasi Tunas Pisang Liar *M. acuminata* var. *malaccensis*

Induksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* dilakukan dengan perlakuan dekapitasi. Dekapitasi merupakan perlakuan sayatan yang diaplikasikan pada meristem apikal yang bertujuan untuk merusak jaringan meristem dan menginduksi pertumbuhan tunas aksilar (Sastry dan Zitter, 2014). Perlakuan dekapitasi menggunakan eksplan berupa tunas tunggal steril dari tahap pembesaran (Gambar 4.15A). Tunas tunggal dibersihkan layaknya proses subkultur hingga tersisa bonggol pisang dengan ukuran ± 1 cm (Gambar 4.15B). Selanjutnya tunas dilakukan perlakuan tanpa dekapitasi (utuh) (Gambar 4.15C), sayatan membujur

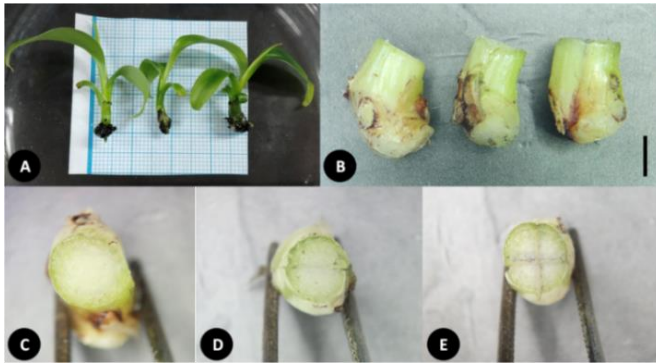
(satu kali) (Gambar 4.15D), dan sayatan silang (dua kali) (Gambar 4.15E).

Parameter yang diamati adalah berbagai respon dari regenerasi tunas setelah dilakukan perlakuan dekapitasi. Tunas yang beregenerasi secara keseluruhan pada media dan perlakuan yaitu 100% dengan respon tunas berakar tertinggi yaitu 100% pada media MS dari seluruh perlakuan pada minggu ke-8.

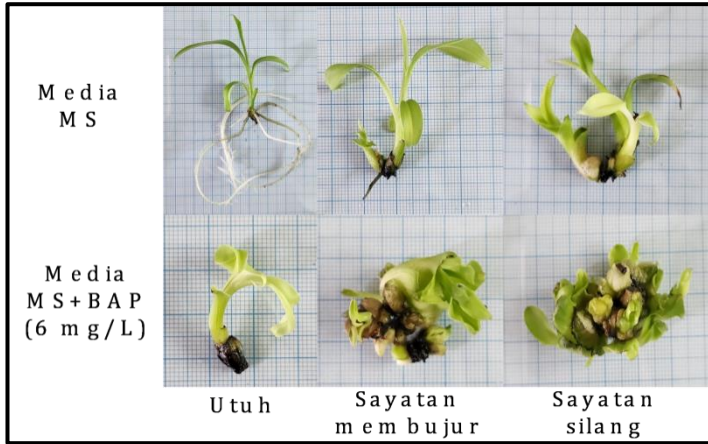
Hasil pengamatan pertumbuhan tunas media MS utuh menghasilkan tunas segar berwarna hijau tua dengan pertumbuhan akar yang lebat, sedangkan pada media MS+BAP menghasilkan tunas berwarna hijau pucat, berukuran pendek, dan tidak memiliki akar. Perlakuan sayatan membujur (satu kali) menghasilkan tunas majemuk pada media MS dan MS+BAP. Tunas berwarna hijau muda dengan pertumbuhan helai daun lebih banyak pada media MS, sedangkan media MS+BAP helai daun terlihat sedikit. Tunas majemuk juga dihasilkan pada perlakuan sayatan silang (dua kali) pada kedua media. Penampakan tunas berwarna hijau muda dengan pertumbuhan tunas majemuk lebih banyak pada media MS+BAP, daripada media MS (Gambar 4.16).

Perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi (6 mg/L) berpengaruh nyata terhadap respon tunas tunggal, respon dan rata-rata tunas majemuk, tinggi tunas, dan jumlah

daun. Persentase respon tunas tunggal sebanyak 100% diperoleh pada eksplan tanpa dekapitasi (utuh) di media MS, sedangkan respon tunas majemuk terbanyak, yaitu 100% pada media MS+BAP sayatan silang (dua kali) dengan jumlah majemuk tunas rata-rata 5,80 tunas perbotol. Rata-rata tunas tertinggi yaitu mencapai 2,36 cm pada media MS dari eksplan utuh, dan jumlah daun terbanyak pula yaitu rata-rata 2,90 atau 3 helai daun.



Gambar 4.15 Tahap dekapitasi. A) Tunas tunggal berumur 8 minggu sebagai sumber eksplan; B) Pangkal tunas yang telah dibersihkan tajuk dan perakarannya; C) Tunas utuh tanpa dekapitasi; D) Dekapitasi dengan satu kali sayatan membujur; E) Dekapitasi dengan dua kali sayatan secara menyilang. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.16 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan BAP tinggi pada regenerasi tunas, 8 minggu setelah tanam (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi menghasilkan regenerasi tunas sebanyak 100% pada seluruh media (Tabel 4.12) dengan kondisi tunas 100% normal (Lampiran 3).

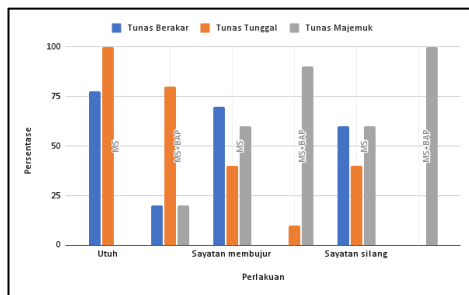
Tabel 4.12 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase regenerasi pada minggu ke-8

Perlakuan	Media	Regenerasi (%)
Utuh	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00
Sayatan membujur	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00
Sayatan silang	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan).

Respon tunas berakar pada perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terbanyak, yaitu 77% pada media MS perlakuan utuh, sedangkan persentase terendah, yaitu 0% pada media MS+BAP perlakuan sayatan membujur dan silang (Tabel 4.13).

Tunas merespon sebagai tunas tunggal terbanyak pada media MS perlakuan utuh dengan persentase 100%, sehingga respon dan jumlah rata-rata tunas majemuknya terendah mencapai 0%. Pada media MS+BAP perlakuan sayatan silang merespon tunas tunggal terendah dengan persentase 0%, karena media MS+BAP perlakuan sayatan silang merespon tunas majemuk tertinggi, yaitu 100% dengan jumlah rata-rata tunas majemuk sebesar 5,80 tunas (Tabel 4.14 dan 4.15). Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas berakar, tunggal, dan majemuk pada minggu ke-8 setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.13 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas berakar pada minggu ke-8

Perlakuan	Media	Respon Tunas Berakar (%)
Utuh	MS	77 ± 13,33 a
	MS + BAP	20 ± 13,33 b
Sayatan membujur	MS	70 ± 15,27 a
	MS + BAP	0 ± 0,00 b
Sayatan silang	MS	60 ± 16,33 a
	MS + BAP	0 ± 0,00 b

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

Tabel 4.14 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap persentase respon tunas tunggal dan majemuk pada minggu ke-8

Perlakuan	Media	Respon Tunas (%)	
		Tunggal	Majemuk
Utuh	MS	100 ± 0,00 a	0 ± 0,00 c
	MS + BAP	80 ± 13,33 a	20 ± 13,33 c
Sayatan membujur	MS	40 ± 16,33 b	60 ± 16,33 b
	MS + BAP	10 ± 10,00 bc	90 ± 10,00 ab
Sayatan silang	MS	40 ± 16,33 b	60 ± 16,33 b
	MS + BAP	0 ± 0,00 c	100 ± 0,00 a

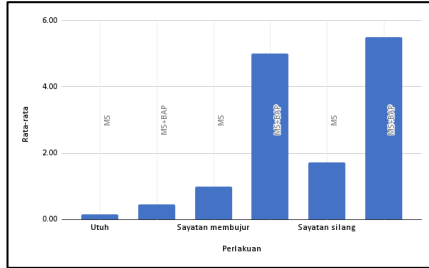
Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

Tabel 4.15 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8

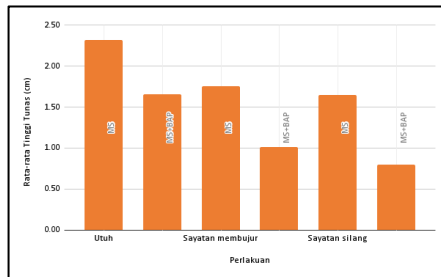
Perlakuan	Media	Rata-rata Jumlah Tunas Majemuk
Utuh	MS	0,00 ± 0,00 c
	MS + BAP	0,50 ± 0,34 bc
Sayatan membujur	MS	1,20 ± 0,32 bc
	MS + BAP	5,30 ± 1,06 a
Sayatan silang	MS	1,90 ± 0,69 b
	MS + BAP	5,80 ± 0,72 a

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi.

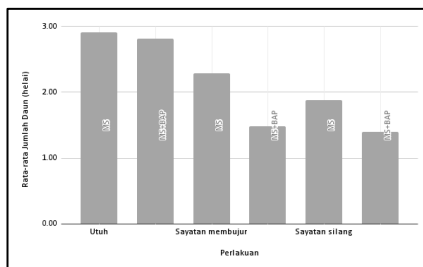
Media MS perlakuan utuh juga memiliki rata-rata tinggi tunas tertinggi dan jumlah daun terbanyak yaitu 2,36 cm dan 2,90 helai daun. Tunas terpendek dan jumlah daun paling sedikit, yaitu dengan rata-rata 0,86 cm dan 1,44 helai daun pada media MS+BAP perlakuan sayatan membujur (Tabel 4.16). Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk, tinggi tunas, dan jumlah daun dapat dilihat pada Gambar 4.18-4.20.



Gambar 4.18 Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah tunas majemuk pada minggu ke-8 setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.19 Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata tinggi tunas pada minggu ke-8 setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)



Gambar 4.20 Diagram pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap rata-rata jumlah daun pada minggu ke-8 setelah tanam. (Dokumentasi Penelitian, 2023)

Tabel 4.16 Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap tinggi tunas pada minggu ke-8

Perlakuan	Media	Rata-rata	
		Tinggi Tunas (cm)*	Jumlah Daun (helai)
Utuh	MS	2,36 ± 0,17 a	2,90 ± 0,18 a
	MS + BAP	1,65 ± 0,26 ab	2,90 ± 0,31 a
Sayatan membujur	MS	1,69 ± 0,21 ab	2,25 ± 0,23 ab
	MS + BAP	1,05 ± 0,16 ab	1,58 ± 0,31 bc
Sayatan silang	MS	1,78 ± 0,18 ab	2,07 ± 0,18 bc
	MS + BAP	0,86 ± 0,12 b	1,44 ± 0,15 c

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $p \leq 0,05$. Nilai yang dicetak tebal mengindikasikan nilai tertinggi. Tanda * menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal menurut uji normalitas.

B. Pembahasan

1) Pengaruh perlakuan ekstraksi biji dan konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan eksplan

Perlakuan ekstraksi biji berpengaruh nyata terhadap germinasi, kecambah mati, tinggi eksplan, dan jumlah daun pada eksplan, dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi BAP. Perlakuan ekstraksi biji menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat germinasi embrio pada kultur embrio yang umumnya dilakukan dengan memisahkan biji dari daging buah secara manual dan mencucinya di bawah air mengalir, seperti ekstraksi non aseptik (Klau, Ningsih & Putra, 2021). Namun, perlakuan ekstraksi biji aseptik lebih efektif dalam meningkatkan perkecambahan hingga 96% pada media

BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik. Roostika *et al.*, (2019) melaporkan bahwa spesies *M. acuminata* var. *sumatrana* dengan perlakuan ekstraksi aseptik dapat mempengaruhi daya tumbuh saat tahap perkecambahan embrio pada media dengan penambahan konsentrasi BAP, PVP, dan TDZ yang bermacam-macam.

Faktor lain yang mempengaruhi perkecambahan embrio adalah cahaya (Kencana, Sudarti & Yushardi, 2023). Embrio yang telah ditanam disimpan dalam keadaan gelap selama 2 minggu sebelum dipindahkan ke tempat yang bercahaya. Dibuktikan oleh Uma *et al.*, (2011) menyatakan bahwa keadaan gelap dapat merangsang pembentukan kalus dan regenerasi tanaman yang lebih baik. Keadaan gelap berarti penyerapan cahaya infra merah oleh eksplan sedikit, sehingga memungkinkan terjadinya proses perkecambahan (Liat, 2016). Hal ini dapat terjadi dikarenakan cahaya infra merah yang sedikit memiliki intensitas yang lebih kecil dan produksi auksin masih ada meskipun sedikit, sehingga masih dapat meningkatkan persentase perkecambahan (Tetuko, Parman & Izzati, 2015).

Media yang memiliki kandungan hormon sitokinin dapat merangsang pembentukan tunas pucuk meristem pada tanaman pisang (Khan *et al.*, 2021). Oleh karena itu, persentase kalus mengalami penurunan pada minggu ke-4

(Tabel 4.5) dan beregenerasi membentuk tunas. Pertumbuhan eksplan diawali dengan terbentuknya kalus dan dilanjutkan dengan fase perkecambahan (Gambar 4.2). Fase perkecambahan diawali dengan pembengkakan embrio, selanjutnya embrio mengalami pembesaran dan munculnya bakal tunas berwarna hijau muda dengan rambut akar di bagian basal (Fase I), terbentuknya tunas dengan rambut akar di bagian basal (Fase II), selanjutnya akan membentuk akar sejati dan rambut akar di bagian basal dan tunas mengalami elongasi di bagian apikal (Fase III) (Prawestri *et al.*, 2021).

Perlakuan ekstraksi aseptik mengalami pertumbuhan Fase I terbanyak pada media BAP 4 mg/L Minggu ke-1 dengan hasil rata-rata 45,33%, sementara perlakuan ekstraksi non aseptik mengalami pertumbuhan terlambat. Perkecambahan embrio ekstraksi non aseptik terjadi pada Minggu ke-2 setelah tanam. Pertumbuhan dari fase I menuju fase II dan fase III terbanyak rata-rata dihasilkan pada media BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik (Tabel 4.1). Hal ini bisa terjadi disebabkan biji perlakuan ekstraksi aseptik memiliki viabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan ekstraksi non aseptik.

Viabilitas biji dapat dipengaruhi oleh usia kematangan eksplan, hal ini terbukti pada penelitian yang dilakukan oleh Uma *et al.*, (2011) bahwa eksplan yang memiliki tingkat

kematangan mencapai 70% cenderung sulit untuk berkecambah dikarenakan endosperm kurang lebih berubah menjadi cairan semi padat dan bertepatan dengan penebalan pada kulit biji pisang. Embrio dengan tingkat kematangan rendah bersifat heterotrofik atau membutuhkan zat esensial dalam media untuk pertumbuhan embrio, sedangkan embrio dengan tingkat kematangan tinggi bersifat autotrofik yaitu memiliki kemampuan untuk mensintesis zat-zat penting untuk pertumbuhan embrio (Dayarani *et al.*, 2014).

Persentase kecambah mati dan kecambah abnormal paling banyak pada perlakuan ekstraksi non aseptik mencapai 9% kecambah abnormal pada media BAP 2 mg/L dan 17% kecambah mati pada media BAP 6 mg/L. Hal ini dapat terjadi dikarenakan konsentrasi BAP yang tinggi dapat menghambat pemanjangan dan transformasi meristem adventif menjadi tanaman yang utuh (Khan *et al.*, 2021). Kecambah abnormal merupakan kecambah yang memiliki pertumbuhan kurang seimbang, rusak, atau cacat. Pertumbuhan pada titik tumbuh, koleoptil, dan plumula cenderung berwarna putih kecoklatan atau bahkan membusuk (Gambar 4.4) (Prabhandaru dan Saputro, 2017).

Benzylamino purine (BAP) termasuk kedalam hormon sitokinin (Backiyarani *et al.*, 2021). ZPT yang termasuk dalam hormon sitokinin berperan dalam penghambatan munculnya

primodial akar (Pamungkas, 2015). Namun, pada tahap pembesaran respon tunas berakar mampu menghasilkan persentase terbanyak yaitu 81% pada media BAP 2 mg/L perlakuan ekstraksi aseptik.

Pertumbuhan tunas pada tahap pembesaran berdasarkan uji DMRT menghasilkan respon tunas tunggal tidak berbeda nyata pada perlakuan ekstraksi aseptik, sedangkan ekstraksi non aseptik menghasilkan respon tunas tunggal yang berbeda nyata, dan cenderung menghasilkan tunas majemuk. Peristiwa ini dapat terjadi disebabkan embrio pada perlakuan ekstraksi non aseptik memiliki tingkat kematangan yang tinggi (Dayarani *et al.*, 2014), sehingga hormon dan enzim yang terdapat didalam embrio mampu merangsang pertumbuhan dengan optimal (Avivi *et al.*, 2021).

Penambahan konsentrasi BAP pada media berpengaruh terhadap perlakuan kultur *in vitro* pada berbagai kultivar pisang (Bakry, 2008). Berdasarkan hasil penelitian menyebutkan bahwa konsentrasi BAP 6 mg/L mampu menginduksi tunas majemuk sebanyak 37% dengan rata-rata jumlah tunas 1,13 per eksplan. Hal ini dibuktikan pula oleh Roostika *et al.*, (2019) melaporkan bahwa konsentrasi BAP 5 mg/L dengan TDZ 0,1 mg/L dan PVP 100 mg/L dapat memicu pertumbuhan tunas mencapai lima tunas per eksplan pada 6 bulan setelah tanam.

Perlakuan ekstraksi dan konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun. Berdasarkan hasil uji DMRT, perlakuan ekstraksi aseptik tidak berbeda nyata pada berbagai konsentrasi BAP, dengan jumlah daun terbanyak pula dibandingkan dengan perlakuan ekstraksi non aseptik. Hal ini disebabkan karena kandungan BAP dalam media dapat mempengaruhi aktivitas tanaman seperti sel meristem di akar dan pucuk serta penebaran daun tanaman (Miransari dan Smith, 2014).

2) Pengaruh perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi terhadap induksi multiplikasi tunas

Perlakuan dekapitasi dan konsentrasi BAP tinggi (6 mg/L) berpengaruh nyata terhadap respon pembentukan tunas (tunas berakar, tunggal, dan majemuk), rata-rata jumlah tunas majemuk, tinggi tunas, dan jumlah daun. Dekapitasi merupakan perlakuan sayatan yang diaplikasikan pada meristem apikal yang bertujuan untuk merusak jaringan meristem apikal dan menginduksi pertumbuhan tunas dari meristem aksilar. Umumnya perlakuan dekapitasi dilakukan dengan dua kali sayat (*silang, cross-cut*) pada bonggol pisang untuk makropropagasi (Sastry dan Zitter, 2014). Induksi multiplikasi tunas dari perlakuan dekapitasi menghasilkan regenerasi tunas 100% pada seluruh media, yang artinya

tunas berhasil tumbuh dan tidak memiliki cacat atau abnormal (Tabel 4.12).

Perlakuan dekapitasi tanpa sayatan (utuh) media MS menghasilkan respon tunas tunggal dan tunas berakar yang lebih banyak. Hal ini disebabkan perlakuan dekapitasi tanpa sayatan masih memiliki meristem apikal yang utuh, sehingga pertumbuhan meristem apikal akan dominan dan menekan pertumbuhan meristem aksilar (Singh *et al.*, 2011). Penggunaan media MS dikarenakan media tersebut sering digunakan dalam penginduksian tunas dan akar tanaman (Sriskanda *et al.*, 2021), sedangkan media dengan penambahan BAP dapat menghambat pertumbuhan akar pada tunas. Hal ini disebabkan ZPT yang termasuk dalam hormon sitokinin berperan dalam penghambatan munculnya primodial akar (Pamungkas, 2015).

Induksi multiplikasi tunas dengan perlakuan dekapitasi sayatan membujur (satu kali) maupun sayatan silang (dua kali) dapat merangsang pertumbuhan meristem aksilar dan mengurangi pertumbuhan meristem apikal (Kulimbe *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil analisis DMRT perlakuan dekapitasi sayatan membujur dan silang tidak berbeda nyata terhadap respon pembentukan tunas, namun sayatan silang lebih efektif dalam induksi tunas aksilar, dan menghasilkan tunas majemuk terbanyak pada media MS+BAP. Hal ini disebabkan

perlakuan dekapitasi pada sayatan membujur memungkinkan tidak terbelahnya meristem apikal sehingga tunas meristem aksilar berkurang, sedangkan sayatan silang memungkinkan terbelahnya meristem apikal secara merata, serta didukung penambahan ZPT sitokinin berupa BAP yang dapat memicu pertumbuhan tunas aksilar yang lebih banyak pada tanaman pisang (Wahidah dan Hasrul, 2017).

Perlakuan dekapitasi mampu meningkatkan jumlah anakan pada bonggol pisang hingga 6-15 anakan pisang dengan teknik makropropagasi (Bhende dan Kurien, 2015). Muhie dan Teshome (2023) melaporkan bahwa penambahan ZPT berupa BAP pada makropropagasi pisang *M. acuminata* varietas "Grand Nain" dengan metode PIF menghasilkan tunas terbanyak, yaitu 8,93 tunas dengan konsentrasi BAP 1,5 mg/L pada 60 hari setelah tanam. Perlakuan yang hampir serupa dengan dekapitasi, yaitu dekortikasi juga dilaporkan oleh Backiyarani *et al.*, (2021) bahwa perlakuan dekortikasi pada tunas tunggal hasil embrio zigotik mampu meningkatkan jumlah tunas dengan hasil persentase 52-72% tunas majemuk.

Perlakuan dekapitasi sayatan membujur dan silang pada media MS tanpa penambahan BAP mampu menghasilkan tunas majemuk dengan persentase 60%, hal ini diduga karena terinduksi sitokinin eksogen pada media tahap pembesaran

(Percobaan 1), sehingga jaringan eksplan mampu berproliferasi dan membentuk tunas majemuk. Penelitian Kasutjaningati *et al.*, (2011) melaporkan bahwa penggunaan media MS tanpa penambahan BAP mampu menghasilkan tunas majemuk planlet pisang Rajabulu dan pisang Tanduk dengan rata-rata berjumlah 2 tunas.

Media MS memiliki kandungan makronutrien dan mikronutrien berupa Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) (Murashige dan Skoog, 1962). Unsur N, P, dan K dalam media MS berpengaruh dalam pertumbuhan tunas dalam induksi multiplikasi tunas. Hal ini dibuktikan oleh Chaidir *et al.*, (2021) media MS menghasilkan tunas pisang barangan tertinggi dengan rata-rata 2,58 cm. Selain itu, konsentrasi nitrogen yang tinggi mampu menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak (Lakitan, 1996). Oleh karena itu, tunas pada media MS menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dan tunas tertinggi daripada media MS dengan penambahan BAP.

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan memiliki keterbatasan berupa objek penelitian dan kemampuan penelitian. Objek pada penelitian ini hanya menggunakan satu jenis sampel pisang liar, yaitu *M. acuminata* var. *malaccensis* dan hanya menggunakan media MS dengan penambahan konsentrasi BAP saja yang diujikan. Peneliti juga menyadari bahwa masih

sangat terbatas dalam kemampuan melakukan penelitian terutama dalam *skill* laboratorium. Akan tetapi, peneliti berusaha semaksimal mungkin dalam mengikuti dan memahami bimbingan serta arahan dari dosen yang diberikan, untuk menyelesaikan penelitian dengan maksimal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah.

1. Perlakuan ekstraksi berpengaruh pada germinasi dan regenerasi kultur embrio zigotik pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* secara *in vitro*. Ekstraksi biji secara aseptik lebih efektif dalam menginduksi germinasi embrio dengan menghasilkan regenerasi tunas normal yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan ekstraksi biji secara non aseptik maupun perlakuan konsentrasi BAP. Embrio dari biji hasil ekstraksi non aseptik yang ditanam pada media BAP 6 mg/L menghasilkan multiplikasi tunas tertinggi pada usia 8 minggu.
2. Perlakuan kombinasi dekapitasi sayatan silang dan konsentrasi BAP tinggi adalah kombinasi perlakuan terbaik dalam menginduksi multiplikasi tunas pisang liar *M. acuminata* var. *malaccensis* secara *in vitro*.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan serta kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji *genetic fidelity* pada tunas regeneran hasil multiplikasi untuk validasi kesamaan genetik antara genotipe

indukan dengan regeneran dan untuk mengetahui apakah terjadi variasi somaklonal pada regeneran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Motagaly, S. *et al.* (2019) 'Effect of Benzyladenine on Micropropagation of Banana Shoots Tip', *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26(6), pp. 2557–2564. Available at: <https://doi.org/10.21608/ajs.2018.35626>.
- Adinugraha, H.A. *et al.* (2012) 'Pertumbuhan Dan Perkembangan Tunas Pada Bibit Nyamplung Hasil Pembiakan Dengan Teknik Sambungan', *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 6(2), pp. 89–100. <https://doi.org/10.20886/jpth.2012.6.2.89-100>.
- Ahmad, F., Kurniajati, W.S. & Poerba, Y.S. (2020) 'Potensi Pisang Liar untuk Pemuliaan: Karakter Buah dan Biji dalam Persilangan *Musa acuminata* var. *malaccensis* dan var. *sumatrana*.', In *SEMINAR NASIONAL KONSERVASI 21 APRIL 2020*, 53(9), p. 48. Available at: www.journal.uta45jakarta.ac.id.
- Ai, N.S. dan Ballor, M. (2010) 'Peranan Air Dalam Perkecambahan Biji', *Jurnal Ilmiah Sains*, 10(2), pp. 190–195.
- Aini, N. (2022) *Manfaat Tanaman Pisang dari Akar Hingga Buahnya*. https://haloedukasi.com/manfaat-tanaman-pisang#Akar_Pohon_Pisang. (Accessed: 16 Oktober 2023).

- Amalia, B.R., Muliastari, H. & Hidayati, A.R. (2023) 'Uji Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) dan Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose) dengan Metode DPPH', *Jurnal Pharmascience*, 10(1), p. 69. <https://doi.org/10.20527/jps.v10i1.14863>.
- Angraini, W. *et al.* (2013) 'Isolasi dan Karakterisasi Aktivitas Enzim Alpha-Amilase pada Kecambah Kedelai Putih (*Glycine max* (L). Merill) dan Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*) di bawah Pengaruh Medan Magnet', *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 1(1), pp. 19–24. Available at: <https://doi.org/10.23960/jbekh.v1i1.147>.
- Apriani, R. *et al.* (2016) 'Penggunaan BA Pada Mikropropagasi Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Kultivar Kusto', *Jurnal Biologi Tropis*, 16(1), pp. 25–32.
- Ardiansyah, R. (2010) *Budidaya Pisang*. Surabaya: JP Books.
- Ardila, L., Rosanti, D. & Kartika, T. (2022) 'Karakteristik Morfologi Tanaman Buah di Desa Suka Damai Kecamatan Tungkal Jaya Kabupaten Musi Banyuasin', *Indobiosains*, 4(2), p. 36. Available at: <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v4i2.6163>.
- Arifki, H.H. dan Barliana, M.I. (2018) 'Karakteristik dan Manfaat Tumbuhan Pisang Di Indonesia : Review

- Artikel', *Jurnal Farmaka*, 16(3), pp. 196–203.
- Avivi, S. *et al.* (2021) *Fisiologi & Metabolisme Benih*. Jember: UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember.
- Ayuwira, M., Hidayat, M. & Hendri, Y. (2022) 'Pengaruh Kombinasi BAP (Benzylamino purin) Dan TDZ (Thidiazuron) Terhadap Pertumbuhan Tunas Tanaman Pisang Kepok Tanjung (*Musa acuminata balbisiana*) Melalui Kultur In Vitro', *KENANGA Journal of Biological Sciences and Applied Biology*, 1(2), pp. 20–27. <https://doi.org/10.22373/kenanga.v1i2.1914>.
- Backiyarani, S. *et al.* (2021) 'Multiple shoot induction in zygotic embryos: a strategy for acceleration of banana breeding', *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 147(2), pp. 339–350. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02127-x>.
- Bakry, F. (2008) 'Banana protocol Zygotic embryo rescue in bananas', *Fruits*, 63(2), pp. 111–115. Available at: <https://doi.org/10.1051/fruits>.
- Bewley, J.D. (1997) 'Seed Germination and Dormancy', *The Plant Cell*, 9, pp. 1055–1066. Available at: <http://ci.nii.ac.jp/naid/110001717945/%0Ahttp://www.mendeley.com/research/geology-volcanic-history-eruptive-style-yakedake-volcano-group-central-japan/>.

- Bhende, S.S. dan Kurien, S. (2015) 'Sucker production in banana', *Journal of Tropical Pediatrics*, 53(2), pp. 97–106. <https://doi.org/10.1093/tropej/47.6.1>.
- Bridgen, M.P. (1994) 'A Review of Plant Embryo Culture', *HortScience*, 29(11), pp. 1243–1244.
- Chaidir, L. *et al.* (2021) 'The Influence of Leaf Fertilizer Media on Multiplication of Barangan Banana (*Musa acuminata* L.) in vitro', *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 5(2), pp. 109–113. Available at: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i2.196>.
- Crouch, J.H., Vuylsteke, D. & Ortiz, R. (1998) 'Perspectives on the application of biotechnology to assist the genetic enhancement of plantain and banana (*Musa spp.*)', *Electronic Journal of Biotechnology*, 1(1), pp. 11–22. Available at: <https://doi.org/10.2225/vol1-issue1-fulltext-2>.
- Dayarani, M. *et al.* (2014) 'Embryo culture and embryo rescue studies in wild *Musa spp.* (*Musa ornata*)', *Journal of Applied Horticulture*, 16(2), pp. 126–130. Available at: <https://doi.org/10.37855/jah.2014.v16i02.21>.
- Debitama, A.M.N.H., Mawarni, I.A. & Hasanah, U. (2022) 'Pengaruh hormon auksin sebagai zat pengatur tumbuh pada beberapa jenis tumbuhan monocotyledoneae dan dicotyledoneae', *Biodidaktika*:

- Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 17(1), pp. 120–130.
- Djoyowasito, G. *et al.* (2017) 'Model Laju Pertumbuhan Perkecambahan Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) pada Variasi Massa Benih Jagung', *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(1), pp. 86–95.
- Dwivany, F. *et al.* (2021) *Pisang Indonesia*. Bandung: ITB Press.
- Dwiyani, R. (2015) *Kultur Jaringan Tanaman*. Denpasar: Pelawa Sari.
- Elfianis, R. (2022) *Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Pisang, Agrotek*. Available at: https://agrotek.id/klasifikasi-dan-morfologi-tanaman-pisang/?quad_cc. (Accessed: 6 September 2022).
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (2022) *Classification of Musa acuminata, GBIF*. Available at: <https://www.gbif.org/species/2762680> (Accessed: 13 September 2022).
- Graven, P. *et al.* (1996) 'Structure and macromolecular composition of the seed coat of the musaceae', *Annals of Botany*, 77(2), pp. 105–122. Available at: <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0013>.
- Haddad, A.A., Prayogo, H. & Anwari, M.S. (2017) 'Perilaku makan dan jenis pakan orangutan (*Pongo pygmaeus*)

di Yayasan International Animal Rescue Indonesia (YIARI) Kabupaten Ketapang Kalimantan Barat', *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2), pp. 300–306.

Hadi, P.K., Widajati, E. & Salma, S. (2017) 'Aplikasi Enzim Ligninase dan Selulase untuk Meningkatkan Perkecambah Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Pematang Siantar, Sumatera Utara', *Bul. Agrohorti*, 5(1), pp. 1–8.
<https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298>
<http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005>
<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58>
<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.

Hardiyati, T., Budisantoso, I. & Safia, D. (2021) 'Multiplikasi Tunas Pisang Ambon Dua Tandan pada Pemberian Kinetin dalam Kultur In Vitro', *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 38(1), pp. 11–17.
<https://doi.org/10.20884/1.mib.2021.38.1.890>.

Hasanah, A.N. (2019) *Tumbuh-Tumbuhan di dalam Al-Qur'an, Bincang Syariah*. Available at:
<https://bincangsyariah.com/khazanah/tumbuh-tumbuhan-di-dalam-al-quran/> (Accessed: 13

September 2022).

- Jannah, N.R., Hidayat, M. & Hendri, Y. (2022) 'Pengaruh Kombinasi BAP (Benzylamino purin) dan TDZ (Thidiazuron) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pisang Cavendish (*Musa acuminata cavendish*) Melalui Kultur In Vitro', *KENANGA Journal of Biological Sciences and Applied Biology*, 1(2), pp. 28-34. <https://doi.org/10.22373/kenanga.v1i2.1915>.
- Javed, M.A., Chai, M.A.K. & Othman, R.Y. (2002) 'Morphological Characterization of Malaysian Wild Banana *Musa Acuminata*', *Biotropia*, 0(18), pp. 21-37. <https://doi.org/10.11598/btb.2002.0.18.170>.
- Junaidi dan Fandi, A. (2021) 'Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Pertumbuhan Vigor Biji Kopi Lampung (*Coffeacanephora*)', *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(7), pp. 4-5.
- Karamura, D., Karamura, E. & Blomme, G. (2011) 'General Plant Morphology of *Musa*', *Banana Breeding*, pp. 1-20. Available at: <https://doi.org/10.1201/b10514-2>.
- Kasutjianingati *et al.* (2011) 'Pengaruh Media Induksi terhadap Multiplikasi Tunas dan Pertumbuhan Planlet Pisang Rajabulu (AAB) dan Pisang Tanduk (AAB) pada Berbagai Media Multiplikasi', *J. Agron. Indonesia*, 39(3), pp. 180-187.

- Kencana, T.A.A., Sudarti & Yushardi (2023) 'Analisis Manfaat Pengaruh Sinar Matahari Terhadap Proses Perkecambah Kacang Hijau', *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 10(1), pp. 1–6. Available at: <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi>.
- Khan, A. *et al.* (2021) 'Effects of 6-Benzylaminopurine and Indole-3-acetic Acid on Growth and Root Development of Banana Explants in Micropropagation', *Sarhad Journal of Agriculture*, 37(1), pp. 9–13. Available at: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.1.9.13>.
- Klau, I.C.S., Ningsih, A.W. & Putra, W.F.I. (2021) 'Profil Rendemen Ekstrak dan Fraksi Kulit Buah, Daging Buah dan Buah Pisang Mentah (*Musa paradisiaca* L.)', *Journal Of Pharmacy Science And Technology*, 3(1), pp. 181–190.
- Kulimbe, I. *et al.* (2021) 'Advances in Propagation Techniques of Pomegranate', *Just Agriculture*, 2(2), pp. 1–14. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.906.260>.
- Kurniajati, W.S. *et al.* (2022) 'Embryo and Seed Germination of Pisang Klutuk Wulung (*Musa balbisiana* Colla) After Storage', *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 14(1), pp. 22–29. Available at:

<https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v14i1.32377>.

- Kurniajati, W.S. dan Martanti, D. (2019) 'Pengaruh *Hydropriming* terhadap Perkecambahan Biji Pisang Liar *Musa acuminata* Colla', *Prosiding Seminar Nasional Biologi (SEMABIO) 2018 'Pemanfaatan Biodiversitas dan Bioteknologi untuk Pelestarian Lingkungan'* [Preprint].
- Kurnianingsih, R., Ghazali, M. & Astuti, S.P. (2018) 'Karakterisasi Morfologi Tanaman Pisang Di Daerah Lombok', *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), pp. 235–240. Available at: <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.790>.
- Kurniati, F., Hartini, E. & Solehudin, A. (2019) 'Effect of Type of Natural Substances Plant Growth Regulator on Nutmeg (*Myristica Fragrans*) Seedlings', *Agrotechnology Research Journal*, 3(1), pp. 1–7. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v3i1.25792>.
- Lakitan, B. (1996) *Fisiologi Tumbuhan: Pertumbuhan dan perkembangan*. Jakarta: PT. Raya Grafindo Persada.
- Lestari, E.G. (2011) 'Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakkan Tanaman melalui Kultur Jaringan', *Jurnal AgroBiogen*, 7(1), p. 63. Available at: <https://doi.org/10.21082/jbio.v7n1.2011.p63-68>.
- Liat, H.E.K. (2016) 'Pengaruh Model Pemeraman dan Kondisi Cahaya terhadap Perkecambahan Benih Pinang (*Areca*

- catechu* L.)', *Savana Cendana*, 1(02), pp. 74–76.
Available at: <https://doi.org/10.32938/sc.v1i02.15>.
- Mallick, J. *et al.* (2020) 'An Overview of Various Types of Banana Production and Its Market Value in India', *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 07(12), pp. 1195–1204.
- Maulida, D. dan Erfa, L. (2020) 'Kultur Embrio Kelapa Kopyor Menggunakan Beberapa Konsentrasi BA dan Air Kelapa Kopyor', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(3), pp. 247–251. Available at: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v20i3.1929>.
- McGahan, M.W. (1961) 'Studies on the Seed of Banana . I . Anatomy of the Seed and Embryo of *Musa balbisiana*', *American Journal of Botany*, 48(3), pp. 230–238.
- Meriem, S. *et al.* (2023) 'Giberelin (GA3) Mendukung Ketahanan Kecambah Padi Varietas Pulu Mandoti Emas Terhadap Cekaman Salinitas', *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(1), pp. 69–77.
- Miransari, M. dan Smith, D.L. (2014) 'Plant hormones and seed germination', *Environmental and Experimental Botany*, 99, pp. 110–121. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>.
- Muhie, S.H. dan Teshome, A.S. (2023) 'Effects of

- benzylaminopurine and macro propagation techniques on multiplication of dessert banana (*Musa acuminata* L.)', *Journal of Agriculture and Food Research*, 11(January), p. 100515. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100515>.
- Murashige, T. dan Skoog, F. (1962) 'A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Culture', *Physiologia Plantarum*, 15, pp. 474–497.
- Ning, W. *et al.* (2021) 'Effects of decapitation and root cutting on phytoremediation efficiency of *Celosia argentea*', *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 215, p. 112162. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112162>.
- Pamungkas, S.S.T. (2015) 'Pengaruh Konsentrasi NAA dan BAP terhadap Pertumbuhan Tunas Eksplan Tanaman Pisang Cavendish (*Musa paradisiaca* L.) Melalui Kultur In Vitro', *Gontor AGROTECH Science Journal*, 2(1), p. 31. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v2i1.295>.
- Poerba, Y.S. *et al.* (2016) *Katalog Pisang Koleksi Kebun Plasma Nutfah Pisang Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Poerba, Y.S. *et al.* (2018) *Deskripsi pisang: koleksi Pusat Penelitian Biologi LIPI*. Jakarta: LIPI Press.
- Poerba, Y.S. dan Ahmad, F. (2013) 'Genetic variation analyses

- of *Musa balbisiana* Colla based on RAPD and ISSR markers', *Berita Biologi*, 12(2), pp. 259–267. <https://media.neliti.com/media/publications/66344-ID-none.pdf>.
- Prabhandaru, I. dan Saputro, B. (2017) 'Respon perkecambahan benih padi varietas lokal sigadis hasil iradiasi sinar gamma', *Sains dan seni*, 6(2).
- Prawestri, A.D. *et al.* (2021) 'Hydropriming Improves Germination and Plant Recovery During Embryo Rescue of Wild Banana *Musa acuminata* var. *tomentosa*', *Jurnal Biodjati*, 6(1), pp. 11–22. Available at: <https://doi.org/10.15575/biodjati.v6i1.10528>.
- Priadana, S. dan Sunarsi, D. (2021) *Metode Penelitian Kuantitatif*. Tangerang: Pascal Books.
- Puteh, A.B. *et al.* (2011) 'Seed anatomy, moisture content and scarification influence on imbibition in wild banana (*Musa acuminata* Colla) ecotypes', *African Journal of Biotechnology*, 10(65), pp. 14373–14379. Available at: <https://doi.org/10.5897/ajb11.1241>.
- Rahayuniati, R.F., Mugiasatuti, E. & Kurniawan, R.E.K. (2021) 'Insidensi tiga penyakit utama tanaman pisang pada lima kecamatan di Kabupaten Banyumas', *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers "Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal*

Berkelanjutan XI”, pp. 165–174.

- Rai, I.N. *et al.* (2018) *Keanekaragaman, manfaat, dan hama penyakit penting tanaman pisang di Bali*. Denpasar : Percetakan Pelawa Sari.
- Riandini, E., Astuti, R.R.S. & Setiawan, M.R. (2021) ‘Jenis-Jenis Pisang (Musaceae) di Kecamatan Curup Tengah Kabupaten Rejang Lebong’, *Biologica Samudra*, 3(1), pp. 14–24.
- Roberts, E.H. (1973) ‘Predicting the storage life of seeds’, *Seed Science and Technology*, 1(3), pp. 499–514.
- Roostika, I. *et al.* (2019) ‘Kultur Embrio Pisang Liar *Musa acuminata* ssp. *sumatrana* yang Langka (Embryo Culture of Endangered Wild Banana *Musa acuminata* ssp. *sumatrana*)’, *Jurnal Hortikultura*, 28(1), p. 25. <https://doi.org/10.21082/jhort.v28n1.2018.p25-32>.
- Rosariatuti, R., Sumani & Herawati, A. (2018) ‘Pemanfaatan Batang Pisang Untuk Aneka Produk’, *Journal of Community Empowering a services*, 2(1), pp. 21–29.
- Ryan, I. dan Pigai, S. (2020) ‘Morfologi Tanaman Pisang Jiigikago Berdasarkan Kearifan Lokal Suku Mee di Kampung Idaiyo Distrik Obano Kabupaten Paniai’, *Jurnal FAPERTANAK: Jurnal Pertanian dan Peternakan*, 5(2), pp. 1–8.
- Sabran, M. *et al.* (2018) *Bunga Rampai: “Pemanfaatan SDG*

- dan Bioteknologi untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan*". Jakarta: IAARD Press. Available at: <http://digilib.iain-palangkaraya.ac.id/1777/1/BungaRampaiPAI.pdf#page=14>.
- Santi, S. *et al.* (2022) 'Keragaman Genetik Plasma Nutfah Pisang (*Musa spp.*) Asal Kabupaten Buton Selatan', *Media Agribisnis*, 6(1), pp. 115–120. Available at: <https://doi.org/10.35326/agribisnis.v6i1.2391>.
- Sari, M. *et al.* (2021) 'Kultur Embrio Tiga Spesies Kopi pada Umur Buah dan Formulasi Media yang Berbeda', *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 8(3), pp. 151–164. [dx.doi.org/10.21082/jtidp.v8n3.2021.p151-164](https://doi.org/10.21082/jtidp.v8n3.2021.p151-164).
- Sastry, K.S. dan Zitter, T.A. (2014) *Plant Virus and Viroid Diseases in the Tropics Volume 2: Epidemiology and Management*. New York London: Springer Dordrecht Heidelberg. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7820-7>.
- Schoorl, D. dan Holt, J.E. (1983) 'Green-life and market options in banana distribution', *Agricultural Systems*, 12(1), pp. 1–16. Available at: [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(83\)90017-3](https://doi.org/10.1016/0308-521X(83)90017-3).
- Setiyanto, A.E.R., *et al.* (2021) *Buah-Buahan Indonesia : Tinjauan Biologi dan Kesehatan*. Malang: Media Nusa Creative.

- Singh, H.P. *et al.* (2011) *Micropropagation for Production of Quality Banana Planting Material in Asia-Pacific*. New Delhi: Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB).
- Singh, S. *et al.* (2021) 'Seed storage behavior of *Musa balbisiana* Colla, a wild progenitor of bananas and plantains - Implications for ex situ germplasm conservation', *Scientia Horticulturae*, 280 (December 2020), p. 109926. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109926>.
- Sopiansah, Y.E., Prayogo, H. & Rifanjani, S. (2018) 'Perilaku harian orangutan (*Pongo pygmaeus*) setelah dilepasliarkan di Hutan Lindung Gunung Tarak Kabupaten Ketapang Kalimantan Barat', *Jurnal Hutan Lestari*, 6(3), pp. 456-463.
- Sriskanda, D. *et al.* (2021) 'The effect of MS media strength and cytokinin in the induction of shoots from shoot tip explants of Australian finger lime (*Citrus australasica* cv. *Tasty Green*)', *Sains Malaysiana*, 50(5), pp. 1277-1284. Available at: <https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5005-08>.
- Subandi, A.E. *et al.* (2015) 'Aktivitas endo-b-mannanase pada perkecambahan biji *Parkia roxburghii* dengan pemberian variasi konsentrasi giberelin', *Bioteknologi*,

- 12(1), pp. 8–15. Available at:
<https://doi.org/10.13057/biotek/c120102>.
- Suryalita (2019) 'Review Beraneka Ragam Jenis Pisang dan Manfaatnya', *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas Indonesia*, pp. 99–101. Available at: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb>.
- Sutopo, L. (1985) *Teknologi Benih*. Jakarta: Rajawali.
- Suwandi, T.R., Azizah, E. & Agustini, Y. (2023) 'Pengaruh Pemangkasian Cabang Lateral Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.) Varietas Etha 87 F1', *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 11(1), p. 82. Available at:
<https://doi.org/10.35138/paspalum.v11i1.493>.
- Suyanti., dan Supriyadi, A. (2008) *Pisang, Budidaya, Pengolahan, dan Prospek Pasar*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Tetuko, K.A., Parman, S. & Izzati, M. (2015) 'Pengaruh Kombinasi Hormon Tumbuh Giberelin dan Auksin terhadap Perkecambahan Biji dan Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.)', *Jurnal Biologi*, 4(1), pp. 61–72.
- Tiwari, P. dan Shukla, J. (2021) 'An Overview of the Embryo Culture Technique & it's Importance in Present Era', in *PLANTICA-PLANTA Research Book Series*. PLANTICA-

PLANTA Research Book Series, pp. 770–781.

- Trimanto *et al.* (2022) 'Morphological Characterization and Seed Germination Study of Wild Banana *Musa acuminata* var. *flava* (Ridl.) Nasution', *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 7(1), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/10.22146/JTBB.66645>.
- Tumuhimbise, R. dan Talengera, D. (2018) 'Improved propagation techniques to enhance the productivity of Banana (*Musa spp.*)', *Open Agriculture*, 3(1), pp. 138–145. Available at: <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0014>.
- Uma, S. *et al.* (2011) 'Embryo rescue and plant regeneration in banana (*Musa spp.*)', *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 105(1), pp. 105–111. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9847-9>.
- Utari, D.T. (2022) *Sains dan Kesehatan dalam Perspektif Islam*. 3rd edn. Yogyakarta: Kampus Terpadu UII.
- Vineesh, P.S. *et al.* (2015) 'Seed germination and cryostorage of *Musa acuminata* subsp. *burmannica* from Western Ghats', *South African Journal of Botany*, 100, pp. 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.05.024>.
- VK, B., Kapoor, R. & Shukla, S.K. (2019) *Banana Tissue Culture in India -A Success Story*. Bangkok : Asia Pacific Association of Agricultural Research Institutions.

- Wahidah, B.F. dan Hasrul (2017) 'Pengaruh Pemberian Zat Pengatur Tumbuh Indole Acetic Acid (IAA) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pisang Sayang (*Musa paradisiaca* L. var. *Sayang*) Secara In Vitro', *Jurnal Teknosains*, 11(1), pp. 27–41.
- Wardani, F.F. dan Latifah, D. (2016) 'Perkecambahan Biji *Dictyoneura acuminata* Blume. pada Cahaya Merah dan Merah Jauh', *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 7(1), p. 49. Available at: <https://doi.org/10.29244/jhi.7.1.49-55>.
- Welsiliana, Makin, F.M.P.R. & Hanas, D.F. (2020) 'Studi Morfologi Bunga Jantan dan Serbuk Sari pada Genus *Musa*', *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(2), pp. 35–37.
- Wijayanti, P. (2023) 'Review of Seed Dormance Breaking with Mechanical and Chemical Scarification Method', *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(2), pp. 109–116.
- Wulandari, R.T., Widyastuti, N. & Ardiaria, M. (2018) 'Perbedaan Pemberian Pisang Raja dan Pisang Ambon Terhadap VO2max pada Remaja di Sekolah Sepak Bola', *Journal of Nutrition College*, 7(1), pp. 8–14. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/>.
- Zahid (2020) *Sains Alquran: Pisang sebagai Buah yang Bersusun*, *Eramuslim*. Available at: [117](https://www.eramuslim.com/tahukah-anda/sains-</p></div><div data-bbox=)

alquran-pisang-sebagai-buah-yang-
bersusun/#.Y8DaOn1BzDc. (Accessed: 13 January
2023).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Statistik Percobaan 1

a. Germinasi minggu ke-2

```
$Germinasi
$Germinasi[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var
              Df Sum Sq Mean Sq  F value    Pr(>F)
replicationvector  4  1407      352   1.3415   0.27928
fact.A             1 35204  35204 134.2949 3.377e-12 ***
fact.B             3   2182     727   2.7749   0.05982 .
fact.A:fact.B      3     618     206   0.7855   0.51209
Residuals         28  7340     262
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

$Germinasi[[2]]
[1] "R Square 0.843"

$Germinasi[[3]]
[1] "SEm of A: 3.62 , SED of A: 5.12 , SEm of B: 5.12 , SED
of B 7.241 , SEm of AB: 7.241 , SED of AB: 10.24"

$Germinasi[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.97166, p-value = 0.4056

$Germinasi[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

$Germinasi[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"

$Germinasi[[7]]
$Germinasi[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      262.1429 28 59.66667 27.13546

$Germinasi[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
```

2 2.896885 10.48782

```
$Germinasi[[7]][[3]]
dependent.var groups
TE      89.33333      a
E       30.00000      b
```

```
$Germinasi[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"
```

```
$Germinasi[[9]]
$Germinasi[[9]][[1]]
MSerror Df      Mean      CV
262.1429 28 59.66667 27.13546
```

```
$Germinasi[[9]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.896885 14.83202
3 3.043847 15.58446
4 3.138859 16.07092
```

```
$Germinasi[[9]][[3]]
dependent.var groups
B6      66.66667      a
B2      66.66667      a
B4      56.00000      ab
B05     49.33333      b
```

```
$Germinasi[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"
```

```
$Germinasi[[11]]
$Germinasi[[11]][[1]]
MSerror Df      Mean      CV
262.1429 28 59.66667 27.13546
```

```
$Germinasi[[11]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.896885 20.97564
3 3.043847 22.03976
4 3.138859 22.72772
5 3.206478 23.21733
6 3.257369 23.58582
7 3.297090 23.87343
8 3.328885 24.10365
```

```
$Germinasi[[11]][[3]]
dependent.var groups
```

TE:B2	94.66667	a
TE:B6	90.66667	a
TE:B4	89.33333	a
TE:B05	82.66667	a
E:B6	42.66667	b
E:B2	38.66667	b
E:B4	22.66667	bc
E:B05	16.00000	c

b. Germinasi minggu ke-4

```

$Germinasi
$Germinasi[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq  F value    Pr(>F)
replicationvector  4   1484     371   1.2693   0.3055
fact.A             1  38028  38028 130.0626 4.902e-12 ***
fact.B             3   1417     472   1.6152   0.2082
fact.A:fact.B      3    785     262   0.8954   0.4558
Residuals         28   8187     292
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

$Germinasi[[2]]
[1] "R Square 0.836"

$Germinasi[[3]]
[1] "SEm of A: 3.823 , SEd of A: 5.407 , SEm of B: 5.407 ,
SEd of B 7.647 , SEM of AB: 7.647 , SEd of AB: 10.814"

$Germinasi[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.98907, p-value = 0.9613

$Germinasi[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

$Germinasi[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"

$Germinasi[[7]]
$Germinasi[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV

```



```

292.3823 28 60.50008 28.26308

$Germinasi[[7]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.896885      11.07623

$Germinasi[[7]][[3]]
  dependent.var groups
TE      91.33350      a
E       29.66667      b

$Germinasi[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"

$Germinasi[[9]]
$Germinasi[[9]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
292.3823 28 60.50008 28.26308

$Germinasi[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.896885      15.66415
3 3.043847      16.45881
4 3.138859      16.97256

$Germinasi[[9]][[3]]
  dependent.var groups
B2      67.33333      a
B6      65.33400      a
B05     55.99933      a
B4      53.33367      a

$Germinasi[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"

$Germinasi[[11]]
$Germinasi[[11]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
292.3823 28 60.50008 28.26308

$Germinasi[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.896885      22.15245
3 3.043847      23.27627
4 3.138859      24.00282
5 3.206478      24.51990
6 3.257369      24.90907
7 3.297090      25.21281

```

8 3.328885 25.45595

```
$Germinasi[[1]][[3]]
dependent.var groups
TE:B2 96.00000 a
TE:B05 93.33200 a
TE:B6 90.66800 a
TE:B4 85.33400 a
E:B6 40.00000 b
E:B2 38.66667 b
E:B4 21.33333 b
E:B05 18.66667 b
```

c. Laju perkecambahan

➤ Data asli

```
$Laju
$Laju[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 4 17.936 4.484 0.5688 0.68738
fact.A 1 53.732 53.732 6.8157 0.01435 *
fact.B 3 89.204 29.735 3.7717 0.02163 *
fact.A:fact.B 3 4.352 1.451 0.1840 0.90637
Residuals 28 220.739 7.884
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$Laju[[2]]
[1] "R Square 0.428"
```

```
$Laju[[3]]
[1] "SEm of A: 0.628 , SEd of A: 0.888 , SEM of B: 0.888
, SEd of B 1.256 , SEM of AB: 1.256 , SEd of AB: 1.776"
```

```
$Laju[[4]]
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals
W = 0.83507, p-value = 3.984e-05
```

```
$Laju[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Laju[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```

$Laju[[7]]
$Laju[[7]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  7.883522 28 11.40304 24.62292

```

```

$Laju[[7]][[2]]
  Table CriticalRange
  2 2.896885      1.818764

```

```

$Laju[[7]][[3]]
  dependent.var groups
TE      12.56205      a
E       10.24403      b

```

```

$Laju[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"

```

```

$Laju[[9]]
$Laju[[9]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  7.883522 28 11.40304 24.62292

```

```

$Laju[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
  2 2.896885      2.572121
  3 3.043847      2.702607
  4 3.138859      2.786968

```

```

$Laju[[9]][[3]]
  dependent.var groups
B2      12.726516      a
B6      12.578341      a
B4      11.308088      ab
B05     8.999201      b

```

```

$Laju[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

```

```

$Laju[[11]]
$Laju[[11]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  7.883522 28 11.40304 24.62292

```

```

$Laju[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
  2 2.896885      3.637529
  3 3.043847      3.822064

```

```

4 3.138859      3.941367
5 3.206478      4.026274
6 3.257369      4.090177
7 3.297090      4.140053
8 3.328885      4.179977

```

```

$Laju[[1]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B2      13.614819      a
TE:B6      13.360600      a
TE:B4      12.718803      a
E:B2       11.838212      a
E:B6       11.796082      a
TE:B05     10.553958      ab
E:B4       9.897372      ab
E:B05     7.444444      b

```

➤ Data transformasi

```

$Laju
$Laju[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df  Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  4  0.9826  0.24566  0.6101 0.65876
fact.A             1  1.9646  1.96459  4.8791 0.03554 *
fact.B            3  2.7726  0.92420  2.2953 0.09950 .
fact.A:fact.B     3  0.4472  0.14906  0.3702 0.77509
Residuals        28 11.2744  0.40266
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

```

```

$Laju[[2]]
[1] "R Square 0.354"

```

```

$Laju[[3]]
[1] "SEm of A: 0.142 , SEd of A: 0.201 , SEM of B: 0.201
, SEd of B 0.284 , SEM of AB: 0.284 , SEd of AB: 0.401"

```

```

$Laju[[4]]

Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.76625, p-value = 1.44e-06

```

```

$Laju[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

```

```

$Laju[[6]]

```

[1] "The means of one or more levels of first factor are not same, so go for multiple comparison test"

```
$Laju[[7]]
$Laju[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.4026555 28 3.386296 18.7388
```

```
$Laju[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      0.4110391
```

```
$Laju[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TE      3.607915      a
E       3.164678      b
```

\$Laju[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont go for any multiple comparison test"

```
$Laju[[9]]
$Laju[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.4026555 28 3.386296 18.7388
```

```
$Laju[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      0.5812971
3 3.043847      0.6107868
4 3.138859      0.6298522
```

```
$Laju[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B2      3.632601      a
B6      3.608655      a
B4      3.321267      ab
B05     2.982662      b
```

\$Laju[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors are same so dont go for any multiple comparison test"

```
$Laju[[11]]
$Laju[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.4026555 28 3.386296 18.7388
```

```
$Laju[[11]][[2]]
```

```

Table CriticalRange
2 2.896885      0.8220782
3 3.043847      0.8637830
4 3.138859      0.8907455
5 3.206478      0.9099344
6 3.257369      0.9243763
7 3.297090      0.9356483
8 3.328885      0.9446711

```

```

$Laju[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B2      3.755074      a
TE:B6      3.719062      a
TE:B4      3.633997      a
E:B2       3.510128      ab
E:B6       3.498248      ab
TE:B05     3.323526      ab
E:B4       3.008538      ab
E:B05     2.641797      b

```

d. Kalus

➤ Data asli

```

$Kalus
$Kalus[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df  Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
replicationvector  4    60.00   15.000   0.3600  0.83489
fact.A             1     0.00    0.000   0.0000  1.00000
fact.B             3    40.00   13.333   0.3200  0.81082
fact.A:fact.B      3   293.33   97.778   2.3467  0.09417 .
Residuals         28  1166.67   41.667
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

```

```

$Kalus[[2]]
[1] "R Square 0.252"

```

```

$Kalus[[3]]
[1] "SEm of A: 1.443 , SEd of A: 2.041 , SEM of B: 2.041
, SEd of B 2.887 , SEM of AB: 2.887 , SEd of AB: 4.082"

```

```

$Kalus[[4]]

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: model$residuals
W = 0.90351, p-value = 0.002422

```

```

$Kalus[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

$Kalus[[6]]
[1] "All the first factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"

$Kalus[[7]]
$Kalus[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      41.66667 28  4.333333 148.9609

$Kalus[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2  2.896885      4.181294

$Kalus[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TE      4.333333      a
E      4.333333      a

$Kalus[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

$Kalus[[9]]
$Kalus[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      41.66667 28  4.333333 148.9609

$Kalus[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2  2.896885      5.913242
3  3.043847      6.213227
4  3.138859      6.407169

$Kalus[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B05      5.333333      a
B6      4.666667      a
B2      4.666667      a
B4      2.666667      a

$Kalus[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

$Kalus[[11]]

```

```
$Kalus[[1]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      41.66667 28  4.333333 148.9609
```

```
$Kalus[[1]][[2]]
      Table CriticalRange
2  2.896885      8.362587
3  3.043847      8.786829
4  3.138859      9.061105
5  3.206478      9.256304
6  3.257369      9.403215
7  3.297090      9.517878
8  3.328885      9.609663
```

```
$Kalus[[1]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B05      9.333333      a
E:B2        8.000000      a
TE:B6        5.333333      a
E:B6         4.000000      a
E:B4         4.000000      a
E:B05        1.333333      a
TE:B2        1.333333      a
TE:B4        1.333333      a
```

➤ Data transformasi

```
$col4
$col4[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  4  2.717  0.6793  0.2423 0.91188
fact.A             1  0.002  0.0015  0.0006 0.98142
fact.B             3  3.198  1.0659  0.3802 0.76799
fact.A:fact.B      3 23.231  7.7436  2.7622 0.06062 .
Residuals         28 78.496  2.8034
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$col4[[2]]
[1] "R Square 0.271"
```

```
$col4[[3]]
[1] "SEm of A: 0.374 , SEd of A: 0.529 , SEM of B: 0.529
, SEd of B 0.749 , SEM of AB: 0.749 , SEd of AB: 1.059"
```

```
$col4[[4]]
```

Shapiro-Wilk normality test


```
data: model$residuals
W = 0.92492, p-value = 0.01103
```

```
$col4[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$col4[[6]]
[1] "All the first factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"
```

```
$col4[[7]]
$col4[[7]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  2.80342 28 1.281506 130.6542
```

```
$col4[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      1.084577
```

```
$col4[[7]][[3]]
      dependent.var groups
E      1.287727      a
TE     1.275285      a
```

```
$col4[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"
```

```
$col4[[9]]
$col4[[9]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  2.80342 28 1.281506 130.6542
```

```
$col4[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      1.533823
3 3.043847      1.611636
4 3.138859      1.661942
```

```
$col4[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B05    1.5869586      a
B2     1.5048934      a
B6     1.1526261      a
B4     0.8815462      a
```

```
$col4[[10]]
```

```
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"
```

```
$col4[[11]]
$col4[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      2.80342 28 1.281506 130.6542
```

```
$col4[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      2.169154
3 3.043847      2.279197
4 3.138859      2.350341
5 3.206478      2.400973
6 3.257369      2.439080
7 3.297090      2.468822
8 3.328885      2.492630
```

```
$col4[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B05      2.6575195      a
E:B2        2.4933890      a
TE:B6        1.4108250      a
E:B4         1.2466945      a
E:B6         0.8944272      a
E:B05        0.5163978      a
TE:B2        0.5163978      a
TE:B4        0.5163978      a
```

e. Abnormal

➤ Data asli

```
$Abnormal
$Abnormal[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var
      Df  Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
replicationvector  4  215.56   53.889   1.3943 0.26149
fact.A             1   250.00  250.000   6.4682 0.01679 *
fact.B             3   101.11   33.704   0.8720 0.46728
fact.A:fact.B      3    38.89   12.963   0.3354 0.79984
Residuals         28 1082.22   38.651
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$Abnormal[[2]]
[1] "R Square 0.359"
```

```
$Abnormal[[3]]
```

```
[1] "SEm of A: 1.39 , SEd of A: 1.966 , SEm of B: 1.966 ,  
SEd of B 2.78 , SEm of AB: 2.78 , SEd of AB: 3.932"
```

```
$Abnormal[[4]]
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals  
W = 0.89989, p-value = 0.001898
```

```
$Abnormal[[5]]
```

```
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Abnormal[[6]]
```

```
[1] "The means of one or more levels of first factor are  
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Abnormal[[7]]
```

```
$Abnormal[[7]][[1]]
```

MSerror	Df	Mean	CV
38.65079	28	3.166667	196.3256

```
$Abnormal[[7]][[2]]
```

Table	CriticalRange
2	2.896885
	4.027129

```
$Abnormal[[7]][[3]]
```

dependent.var	groups
E	5.6666667 a
TE	0.6666667 b

```
$Abnormal[[8]]
```

```
[1] "All the second factor level means are same so dont  
go for any multiple comparison test"
```

```
$Abnormal[[9]]
```

```
$Abnormal[[9]][[1]]
```

MSerror	Df	Mean	CV
38.65079	28	3.166667	196.3256

```
$Abnormal[[9]][[2]]
```

Table	CriticalRange
2	2.896885
3	3.043847
4	3.138859
	5.695220
	5.984144
	6.170935

```
$Abnormal[[9]][[3]]
```

dependent.var	groups
B2	5.333333 a
B6	4.000000 a

```
B4      2.000000    a
B05     1.333333    a
```

```
$Abnormal[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"
```

```
$Abnormal[[11]]
$Abnormal[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      38.65079 28  3.166667 196.3256
```

```
$Abnormal[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2  2.896885      8.054257
3  3.043847      8.462857
4  3.138859      8.727020
5  3.206478      8.915023
6  3.257369      9.056517
7  3.297090      9.166952
8  3.328885      9.255353
```

```
$Abnormal[[11]][[3]]
      dependent.var groups
E:B2      9.333333      a
E:B6      6.666667      ab
E:B4      4.000000      ab
E:B05     2.666667      ab
TE:B2     1.333333      ab
TE:B6     1.333333      ab
TE:B05    0.000000      b
TE:B4     0.000000      b
```

➤ Data transformasi

```
$Abnormal
$Abnormal[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  4  10.113  2.5284  1.6963 0.17886
fact.A            1  10.141 10.1411  6.8037 0.01443 *
fact.B            3   4.305  1.4349  0.9627 0.42405
fact.A:fact.B     3   1.117  0.3722  0.2497 0.86083
Residuals        28 41.735  1.4905
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
                 ' ' 1
```

```
$Abnormal[[2]]
```

```

[1] "R Square 0.381"

$Abnormal[[3]]
[1] "SEm of A: 0.273 , SEd of A: 0.386 , SEm of B: 0.386
, SEd of B 0.546 , SEm of AB: 0.546 , SEd of AB: 0.772"

$Abnormal[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.93118, p-value = 0.0176

$Abnormal[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

$Abnormal[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"

$Abnormal[[7]]
$Abnormal[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1.490537 28 1.407618 86.73345

$Abnormal[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      0.7908382

$Abnormal[[7]][[3]]
      dependent.var groups
E      1.9111329      a
TE     0.9041024      b

$Abnormal[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

$Abnormal[[9]]
$Abnormal[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1.490537 28 1.407618 86.73345

$Abnormal[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      1.118414
3 3.043847      1.175152
4 3.138859      1.211834

$Abnormal[[9]][[3]]

```

	dependent.var	groups
B2	1.865215	a
B6	1.551604	a
B4	1.205324	a
B05	1.008328	a

\$Abnormal[[10]]

[1] "The means of levels of interaction between two factors are same so dont go for any multiple comparison test"

\$Abnormal[[11]]

\$Abnormal[[11]][[1]]

MSerror	Df	Mean	CV
1.490537	28	1.407618	86.73345

\$Abnormal[[11]][[2]]

	Table	CriticalRange
2	2.896885	1.581676
3	3.043847	1.661916
4	3.138859	1.713792
5	3.206478	1.750711
6	3.257369	1.778498
7	3.297090	1.800185
8	3.328885	1.817545

\$Abnormal[[11]][[3]]

	dependent.var	groups
E:B2	2.6293324	a
E:B6	2.0021097	ab
E:B4	1.7035405	ab
E:B05	1.3095492	ab
TE:B2	1.1010980	ab
TE:B6	1.1010980	ab
TE:B05	0.7071068	b
TE:B4	0.7071068	b

f. Kecambah mati

\$Mati

\$Mati[[1]]

Analysis of Variance Table

Response: dependent.var

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
replicationvector	4	282.22	70.56	1.1099	0.37150
fact.A	1	401.11	401.11	6.3096	0.01805 *
fact.B	3	314.44	104.81	1.6488	0.20065
fact.A:fact.B	3	198.89	66.30	1.0429	0.38893
Residuals	28	1780.00	63.57		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

\$Mati[[2]]
[1] "R Square 0.402"

\$Mati[[3]]
[1] "SEm of A: 1.783 , SEd of A: 2.521 , SEm of B: 2.521 ,
SEd of B 3.566 , SEm of AB: 3.566 , SEd of AB: 5.043"

\$Mati[[4]]

Shapiro-Wilk normality test

data: model\$residuals
W = 0.9752, p-value = 0.5169

\$Mati[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

\$Mati[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"

\$Mati[[7]]
\$Mati[[7]][[1]]
MSerror Df Mean CV
63.57143 28 6.5 122.6641

\$Mati[[7]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.896885 5.164726

\$Mati[[7]][[3]]
dependent.var groups
E 9.666667 a
TE 3.333333 b

\$Mati[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"

\$Mati[[9]]
\$Mati[[9]][[1]]
MSerror Df Mean CV
63.57143 28 6.5 122.6641

\$Mati[[9]][[2]]
Table CriticalRange

```

2 2.896885      7.304025
3 3.043847      7.674566
4 3.138859      7.914122

```

```

$Mati[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B6      11.333333      a
B4       5.333333      a
B05      4.666667      a
B2       4.666667      a

```

```

$Mati[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"

```

```

$Mati[[11]]
$Mati[[11]][[1]]
      MSerror Df Mean      CV
63.57143 28 6.5 122.6641

```

```

$Mati[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.896885      10.32945
3 3.043847      10.85347
4 3.138859      11.19226
5 3.206478      11.43337
6 3.257369      11.61483
7 3.297090      11.75647
8 3.328885      11.86984

```

```

$Mati[[11]][[3]]
      dependent.var groups
E:B6      17.333333      a
E:B2       9.333333      ab
E:B4       6.666667      ab
TE:B6       5.333333      b
E:B05       5.333333      b
TE:B05      4.000000      b
TE:B4       4.000000      b
TE:B2       0.000000      b

```

g. Respon tunas berakar

➤ Data asli

```

$Rooted_Shoot
$Rooted_Shoot[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 7 8711 1244.4 1.1142 0.36947

```



```
fact.A          1   6602   6601.6   5.9108  0.01875  *
fact.B          3  15430   5143.2   4.6050  0.00645  **
fact.A:fact.B   3   1680    559.9   0.5013  0.68313
Residuals      49  54727   1116.9
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$Rooted_Shoot[[2]]
[1] "R Square 0.372"
```

```
$Rooted_Shoot[[3]]
[1] "SEm of A: 5.908 , SEd of A: 8.355 , SEm of B: 8.355
, SEd of B 11.816 , SEm of AB: 11.816 , SEd of AB: 16.71"
```

```
$Rooted_Shoot[[4]]
      Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals
W = 0.93603, p-value = 0.002489
```

```
$Rooted_Shoot[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Rooted_Shoot[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Rooted_Shoot[[7]]
$Rooted_Shoot[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1116.869 49 52.34375 63.84637
```

```
$Rooted_Shoot[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      16.78979
```

```
$Rooted_Shoot[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TE      62.5000      a
E      42.1875      b
```

```
$Rooted_Shoot[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Rooted_Shoot[[9]]
$Rooted_Shoot[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
```

```

1116.869 49 52.34375 63.84637

$Rooted_Shoot[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      23.74435
3 2.989027      24.97301
4 3.085681      25.78055

$Rooted_Shoot[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B2      75.000      a
B05     53.125     ab
B4      50.000      b
B6      31.250      b

$Rooted_Shoot[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

$Rooted_Shoot[[11]]
$Rooted_Shoot[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1116.869 49 52.34375 63.84637

$Rooted_Shoot[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      33.57958
3 2.989027      35.31718
4 3.085681      36.45920
5 3.155712      37.28665
6 3.209440      37.92149
7 3.252246      38.42726
8 3.287272      38.84111

$Rooted_Shoot[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B2      81.25      a
E:B2      68.75     ab
TE:B4      68.75     ab
TE:B05     62.50     ab
E:B05     43.75     bc
TE:B6     37.50     bc
E:B4     31.25     bc
E:B6     25.00      c

```

➤ **Data transformasi**

```

$Tunas_Akar
$Tunas_Akar[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  7  0.6057  0.08653  0.9560  0.47337
fact.A             1  0.3837  0.38372  4.2391  0.04484 *
fact.B             3  1.1149  0.37163  4.1055  0.01122 *
fact.A:fact.B      3  0.1251  0.04170  0.4607  0.71100
Residuals         49  4.4354  0.09052
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

$Tunas_Akar[[2]]
[1] "R Square 0.335"

$Tunas_Akar[[3]]
[1] "SEm of A: 0.053 , SEd of A: 0.075 , SEM of B: 0.075
, SEd of B 0.106 , SEM of AB: 0.106 , SEd of AB: 0.15"

$Tunas_Akar[[4]]
      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.92485, p-value = 0.0007973

$Tunas_Akar[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

$Tunas_Akar[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"

$Tunas_Akar[[7]]
$Tunas_Akar[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.09051834 49  1.20114 25.0481

$Tunas_Akar[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2  2.841969      0.1511515

$Tunas_Akar[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TE      1.278571      a
E      1.123708      b

$Tunas_Akar[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"

```

```

$Tunas_Akar[[9]]
$Tunas_Akar[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.09051834 49 1.20114 25.0481

```

```

$Tunas_Akar[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.2137605
3 2.989027      0.2248217
4 3.085681      0.2320916

```

```

$Tunas_Akar[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B2      1.392864      a
B05     1.206708      ab
B4      1.184434      ab
B6      1.020553      b

```

```

$Tunas_Akar[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

```

```

$Tunas_Akar[[11]]
$Tunas_Akar[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.09051834 49 1.20114 25.0481

```

```

$Tunas_Akar[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.3023031
3 2.989027      0.3179459
4 3.085681      0.3282271
5 3.155712      0.3356762
6 3.209440      0.3413914
7 3.252246      0.3459447
8 3.287272      0.3496704

```

```

$Tunas_Akar[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B2      1.4474911      a
E:B2      1.3382371      ab
TE:B4      1.3382371      ab
TE:B05     1.2533768      abc
E:B05     1.1600401      abc
TE:B6      1.0751798      bc
E:B4      1.0306306      bc
E:B6      0.9659258      c

```

h. Respon tunas tunggal

➤ Data asli

```
$Single_Shoot  
$Single_Shoot[[1]]  
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var  
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)  
replicationvector  7  2500    357.1  0.3457  0.92858  
fact.A             1 26406 26406.3 25.5586 6.392e-06 ***  
fact.B             3   8438   2812.5  2.7222  0.05434 .  
fact.A:fact.B      3   1406    468.7  0.4537  0.71586  
Residuals         49 50625  1033.2  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1  
' ' 1
```

```
$Single_Shoot[[2]]  
[1] "R Square 0.434"
```

```
$Single_Shoot[[3]]  
[1] "SEm of A: 5.682 , SEd of A: 8.036 , SEM of B: 8.036  
, SEd of B 11.364 , SEM of AB: 11.364 , SEd of AB:  
16.071"
```

```
$Single_Shoot[[4]]  
  
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals  
W = 0.94942, p-value = 0.01072
```

```
$Single_Shoot[[5]]  
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Single_Shoot[[6]]  
[1] "The means of one or more levels of first factor are  
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Single_Shoot[[7]]  
$Single_Shoot[[7]][[1]]  
      MSerror Df    Mean      CV  
1033.163 49 71.875 44.7205
```

```
$Single_Shoot[[7]][[2]]  
      Table CriticalRange  
2 2.841969      16.14837
```

```
$Single_Shoot[[7]][[3]]  
dependent.var groups  
TE      92.1875      a  
E       51.5625      b
```

```
$Single_Shoot[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"
```

```
$Single_Shoot[[9]]
$Single_Shoot[[9]][[1]]
  MSerror Df   Mean     CV
  1033.163 49  71.875 44.7205
```

```
$Single_Shoot[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
2  2.841969         22.83725
3  2.989027         24.01897
4  3.085681         24.79565
```

```
$Single_Shoot[[9]][[3]]
  dependent.var groups
B2          84.375    a
B6          81.250    a
B4          65.625   ab
B05         56.250    b
```

```
$Single_Shoot[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"
```

```
$Single_Shoot[[11]]
$Single_Shoot[[11]][[1]]
  MSerror Df   Mean     CV
  1033.163 49  71.875 44.7205
```

```
$Single_Shoot[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2  2.841969         32.29674
3  2.989027         33.96795
4  3.085681         35.06635
5  3.155712         35.86219
6  3.209440         36.47277
7  3.252246         36.95923
8  3.287272         37.35726
```

```
$Single_Shoot[[11]][[3]]
  dependent.var groups
TE:B2          100.00    a
TE:B6          100.00    a
TE:B4           93.75   ab
TE:B05          75.00   ab
E:B2           68.75   abc
```

```

E:B6          62.50      bc
E:B05         37.50      c
E:B4          37.50      c

```

➤ Data transformasi

```

$Tunas_Tunggal
$Tunas_Tunggal[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
replicationvector	7	0.1959	0.02798	0.3568	0.9227
fact.A	1	1.6364	1.63639	20.8677	3.341e-05 ***
fact.B	3	0.5942	0.19805	2.5256	0.0683 .
fact.A:fact.B	3	0.1435	0.04785	0.6101	0.6116
Residuals	49	3.8424	0.07842		

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

```

```

$Tunas_Tunggal[[2]]
[1] "R Square 0.401"

```

```

$Tunas_Tunggal[[3]]
[1] "SEm of A: 0.05 , SEd of A: 0.07 , SEM of B: 0.07 ,
SEd of B 0.099 , SEM of AB: 0.099 , SEd of AB: 0.14"

```

```

$Tunas_Tunggal[[4]]

Shapiro-Wilk normality test

```

```

data: model$residuals
W = 0.93133, p-value = 0.001529

```

```

$Tunas_Tunggal[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

```

```

$Tunas_Tunggal[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"

```

```

$Tunas_Tunggal[[7]]
$Tunas_Tunggal[[7]][[1]]
      MSError Df      Mean      CV
      0.07841712 49 1.355473 20.65925

```

```

$Tunas_Tunggal[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.1406856

```

```

$Tunas_Tunggal[[7]][[3]]
    dependent.var groups
TE      1.515375      a
E       1.195571      b

```

```

$Tunas_Tunggal[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

```

```

$Tunas_Tunggal[[9]]
$Tunas_Tunggal[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.07841712 49 1.355473 20.65925

```

```

$Tunas_Tunggal[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.1989595
3 2.989027      0.2092548
4 3.085681      0.2160213

```

```

$Tunas_Tunggal[[9]][[3]]
    dependent.var groups
B2      1.459688      a
B6      1.437413      ab
B4      1.295807      ab
B05     1.228983      b

```

```

$Tunas_Tunggal[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

```

```

$Tunas_Tunggal[[11]]
$Tunas_Tunggal[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.07841712 49 1.355473 20.65925

```

```

$Tunas_Tunggal[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.2813713
3 2.989027      0.2959309
4 3.085681      0.3055002
5 3.155712      0.3124336
6 3.209440      0.3177531
7 3.252246      0.3219911
8 3.287272      0.3254588

```

```

$Tunas_Tunggal[[11]][[3]]
    dependent.var groups
TE:B2      1.581139      a

```


TE:B6	1.581139	a
TE:B4	1.536590	a
TE:B05	1.362631	ab
E:B2	1.338237	ab
E:B6	1.293688	ab
E:B05	1.095335	b
E:B4	1.055024	b

i. Respon tunas majemuk

➤ Data asli

```

$Multiple_Shoot
$Multiple_Shoot[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  7  8594  1227.7  1.3701 0.23911
fact.A             1  3906  3906.3  4.3594 0.04202 *
fact.B             3   781   260.4  0.2906 0.83195
fact.A:fact.B      3  3906  1302.1  1.4531 0.23884
Residuals         49 43906   896.0
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

$Multiple_Shoot[[2]]
[1] "R Square 0.281"

$Multiple_Shoot[[3]]
[1] "SEm of A: 5.292 , SEd of A: 7.484 , SEM of B: 7.484
, SEd of B 10.583 , SEM of AB: 10.583 , SEd of AB:
14.967"

$Multiple_Shoot[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.88433, p-value = 2.158e-05

$Multiple_Shoot[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

$Multiple_Shoot[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"

$Multiple_Shoot[[7]]
$Multiple_Shoot[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV

```

```

896.0459 49 17.1875 174.1616

$Multiple_Shoot[[7]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      15.03867

$Multiple_Shoot[[7]][[3]]
  dependent.var groups
E          25.000      a
TE         9.375       b

$Multiple_Shoot[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

$Multiple_Shoot[[9]]
$Multiple_Shoot[[9]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
896.0459 49 17.1875 174.1616

$Multiple_Shoot[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      21.26789
3 2.989027      22.36841
4 3.085681      23.09172

$Multiple_Shoot[[9]][[3]]
  dependent.var groups
B4          21.875      a
B6          18.750      a
B05         15.625      a
B2          12.500      a

$Multiple_Shoot[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

$Multiple_Shoot[[11]]
$Multiple_Shoot[[11]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
896.0459 49 17.1875 174.1616

$Multiple_Shoot[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      30.07734
3 2.989027      31.63370
4 3.085681      32.65662
5 3.155712      33.39777
6 3.209440      33.96639

```

```
7 3.252246      34.41942
8 3.287272      34.79010
```

```
$Multiple_Shoot[[11]][[3]]
      dependent.var groups
E:B6          37.50      a
E:B4          31.25      ab
E:B2          18.75      ab
TE:B05        18.75      ab
E:B05         12.50      ab
TE:B4         12.50      ab
TE:B2          6.25      ab
TE:B6          0.00      b
```

➤ Data transformasi

```
$Tunas_Multiple
$Tunas_Multiple[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  7 0.7824 0.11177  1.4860 0.19433
fact.A             1 0.3930 0.39299  5.2251 0.02663 *
fact.B             3 0.0693 0.02310  0.3071 0.82009
fact.A:fact.B      3 0.3553 0.11844  1.5747 0.20740
Residuals         49 3.6854 0.07521
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
                 ' ' 1
```

```
$Tunas_Multiple[[2]]
[1] "R Square 0.303"
```

```
$Tunas_Multiple[[3]]
[1] "SEm of A: 0.048 , SEd of A: 0.069 , SEm of B: 0.069
, SEd of B 0.097 , SEm of AB: 0.097 , SEd of AB: 0.137"
```

```
$Tunas_Multiple[[4]]
      Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals
W = 0.91482, p-value = 0.000304
```

```
$Tunas_Multiple[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Tunas_Multiple[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```

$Tunas_Multiple[[7]]
$Tunas_Multiple[[7]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  0.075213 49 0.8724477 31.43454

$Tunas_Multiple[[7]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      0.1377814

$Tunas_Multiple[[7]][[3]]
  dependent.var groups
E      0.9508092      a
TE     0.7940862      b

$Tunas_Multiple[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

$Tunas_Multiple[[9]]
$Tunas_Multiple[[9]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  0.075213 49 0.8724477 31.43454

$Tunas_Multiple[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      0.1948524
3 2.989027      0.2049351
4 3.085681      0.2115619

$Tunas_Multiple[[9]][[3]]
  dependent.var groups
B4      0.9134179      a
B6      0.8911433      a
B05     0.8587909      a
B2      0.8264385      a

$Tunas_Multiple[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"

$Tunas_Multiple[[11]]
$Tunas_Multiple[[11]][[1]]
  MSerror Df      Mean      CV
  0.075213 49 0.8724477 31.43454

$Tunas_Multiple[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      0.2755629

```

```

3 2.989027      0.2898220
4 3.085681      0.2991938
5 3.155712      0.3059840
6 3.209440      0.3111937
7 3.252246      0.3153442
8 3.287272      0.3187403

```

```

$Tunas_Multiple[[1]][[3]]
      dependent.var groups
E:B6      1.0751798      a
E:B4      1.0104751      ab
E:B2      0.8810655      ab
TE:B05    0.8810655      ab
E:B05    0.8365163      ab
TE:B4     0.8163608      ab
TE:B2     0.7718115      ab
TE:B6     0.7071068      b

```

j. Rata-rata jumlah tunas majemuk

➤ Data asli

```

$Rata_rata
$Rata_rata[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var

      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  7  1.6970  0.24243   2.1691 0.05342 .
fact.A             1  0.7316  0.73158   6.5457 0.01365 *
fact.B             3  0.2245  0.07483   0.6696 0.57481
fact.A:fact.B      3  0.6810  0.22699   2.0309 0.12174
Residuals         49  5.4765  0.11176
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1

$Rata_rata[[2]]
[1] "R Square 0.378"

$Rata_rata[[3]]
[1] "SEm of A: 0.059 , SEd of A: 0.084 , SEM of B: 0.084
, SEd of B 0.118 , SEM of AB: 0.118 , SEd of AB: 0.167"

$Rata_rata[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.95128, p-value = 0.01324

$Rata_rata[[5]]

```

[1] "Normality assumption is violated"

\$Rata_rata[[6]]

[1] "The means of one or more levels of first factor are not same, so go for multiple comparison test"

\$Rata_rata[[7]]

\$Rata_rata[[7]][[1]]

MSerror	Df	Mean	CV
0.1117648	49	0.9116388	36.67158

\$Rata_rata[[7]][[2]]

Table	CriticalRange
2	2.841969
	0.1679565

\$Rata_rata[[7]][[3]]

	dependent.var	groups
E	1.0185544	a
TE	0.8047231	b

\$Rata_rata[[8]]

[1] "All the second factor level means are same so dont go for any multiple comparison test"

\$Rata_rata[[9]]

\$Rata_rata[[9]][[1]]

MSerror	Df	Mean	CV
0.1117648	49	0.9116388	36.67158

\$Rata_rata[[9]][[2]]

Table	CriticalRange
2	2.841969
	0.2375263
3	2.989027
	0.2498172
4	3.085681
	0.2578954

\$Rata_rata[[9]][[3]]

	dependent.var	groups
B4	0.9845541	a
B6	0.9527973	a
B05	0.8706327	a
B2	0.8385708	a

\$Rata_rata[[10]]

[1] "The means of levels of interaction between two factors are same so dont go for any multiple comparison test"

\$Rata_rata[[11]]

\$Rata_rata[[11]][[1]]

MSerror	Df	Mean	CV
---------	----	------	----

```
0.1117648 49 0.9116388 36.67158
```

```
$Rata_rata[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.3359129
3 2.989027      0.3532949
4 3.085681      0.3647191
5 3.155712      0.3729965
6 3.209440      0.3793471
7 3.252246      0.3844066
8 3.287272      0.3885465
```

```
$Rata_rata[[11]][[3]]
      dependent.var groups
E:B6      1.1984879      a
E:B4      1.1338835      ab
E:B2      0.9053301      abc
TE:B05    0.9047491      abc
E:B05    0.8365163      abc
TE:B4    0.8352248      abc
TE:B2    0.7718115      bc
TE:B6    0.7071068      c
```

➤ Data transformasi

```
$Rata_Multiple
$Rata_Multiple[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 7 371.51 53.073 2.0425 0.06825 .
fact.A            1 183.06 183.058 7.0449 0.01069 *
fact.B            3 47.02 15.674 0.6032 0.61604
fact.A:fact.B     3 161.80 53.932 2.0756 0.11555
Residuals        49 1273.24 25.984
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$Rata_Multiple[[2]]
[1] "R Square 0.375"
```

```
$Rata_Multiple[[3]]
[1] "SEm of A: 0.901 , SEd of A: 1.274 , SEM of B: 1.274
, SEd of B 1.802 , SEM of AB: 1.802 , SEd of AB: 2.549"
```

```
$Rata_Multiple[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data: model$residuals
```

W = 0.96024, p-value = 0.03757

```
$Rata_Multiple[[5]]  
[1] "Normality assumption is violated"
```

```
$Rata_Multiple[[6]]  
[1] "The means of one or more levels of first factor are  
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Rata_Multiple[[7]]  
$Rata_Multiple[[7]][[1]]  
  MSerror Df   Mean      CV  
  25.9844 49  3.9437 129.2565
```

```
$Rata_Multiple[[7]][[2]]  
  Table CriticalRange  
  2 2.841969      2.560947
```

```
$Rata_Multiple[[7]][[3]]  
  dependent.var groups  
  E      5.634939      a  
  TE     2.252462      b
```

```
$Rata_Multiple[[8]]  
[1] "All the second factor level means are same so dont  
go for any multiple comparison test"
```

```
$Rata_Multiple[[9]]  
$Rata_Multiple[[9]][[1]]  
  MSerror Df   Mean      CV  
  25.9844 49  3.9437 129.2565
```

```
$Rata_Multiple[[9]][[2]]  
  Table CriticalRange  
  2 2.841969      3.621726  
  3 2.989027      3.809134  
  4 3.085681      3.932307
```

```
$Rata_Multiple[[9]][[3]]  
  dependent.var groups  
  B4      4.945659      a  
  B6      4.578630      a  
  B05     3.435179      a  
  B2      2.815334      a
```

```
$Rata_Multiple[[10]]  
[1] "The means of levels of interaction between two  
factors are same so dont go for any multiple comparison  
test"
```



```

$Rata_Multiple[[1]]
$Rata_Multiple[[1]][[1]]
  MSerror Df   Mean   CV
25.9844 49 3.9437 129.2565

```

```

$Rata_Multiple[[1]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.841969      5.121895
3 2.989027      5.386929
4 3.085681      5.561122
5 3.155712      5.687333
6 3.209440      5.784165
7 3.252246      5.861311
8 3.287272      5.924435

```

```

$Rata_Multiple[[1]][[3]]
  dependent.var groups
E:B6      8.4501537    a
E:B4      7.2942006    ab
TE:B05    3.8337859    abc
E:B2      3.7588276    abc
E:B05    3.0365723    abc
TE:B4     2.5971174    bc
TE:B2     1.8718395    bc
TE:B6     0.7071068    c

```

k. Tinggi tunas

```

$Tinggi
$Tinggi[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
replicationvector  7  0.6035   0.0862   0.7895   0.59947
fact.A             1  5.3525   5.3525  49.0195  6.601e-09 ***
fact.B             3  1.1060   0.3687   3.3762   0.02557 *
fact.A:fact.B      3  1.0432   0.3477   3.1848   0.03185 *
Residuals         49  5.3503   0.1092
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

$Tinggi[[2]]
[1] "R Square 0.602"

```

```

$Tinggi[[3]]
[1] "SEm of A: 0.058 , SEd of A: 0.083 , SEm of B: 0.083 ,
SEd of B 0.117 , SEm of AB: 0.117 , SEd of AB: 0.165"

```

```
$Tinggi[[4]]
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals  
W = 0.97024, p-value = 0.1246
```

```
$Tinggi[[5]]  
[1] "Normality assumption is not violated"
```

```
$Tinggi[[6]]  
[1] "The means of one or more levels of first factor are not  
same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Tinggi[[7]]  
$Tinggi[[7]][[1]]  
MSerror Df Mean CV  
0.1091907 49 1.357682 24.33855
```

```
$Tinggi[[7]][[2]]  
Table CriticalRange  
2 2.841969 0.1660111
```

```
$Tinggi[[7]][[3]]  
dependent.var groups  
TE 1.646875 a  
E 1.068490 b
```

```
$Tinggi[[8]]  
[1] "The means of one or more levels of second factor are  
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Tinggi[[9]]  
$Tinggi[[9]][[1]]  
MSerror Df Mean CV  
0.1091907 49 1.357682 24.33855
```

```
$Tinggi[[9]][[2]]  
Table CriticalRange  
2 2.841969 0.2347751  
3 2.989027 0.2469237  
4 3.085681 0.2549083
```

```
$Tinggi[[9]][[3]]  
dependent.var groups  
B6 1.520052 a  
B2 1.436979 a  
B4 1.297135 ab  
B05 1.176562 b
```

```
$Tinggi[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Tinggi[[11]]
$Tinggi[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.1091907 49 1.357682 24.33855
```

```
$Tinggi[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.3320222
3 2.989027      0.3492028
4 3.085681      0.3604947
5 3.155712      0.3686762
6 3.209440      0.3749532
7 3.252246      0.3799542
8 3.287272      0.3840461
```

```
$Tinggi[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B6      1.8062500      a
TE:B4      1.6875000      ab
TE:B05     1.5750000      abc
TE:B2      1.5187500      abc
E:B2       1.3552083      bc
E:B6       1.2338542      cd
E:B4       0.9067708      de
E:B05     0.7781250      e
```

1. Jumlah daun

```
$Daun
$Daun[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 7 1.5747 0.2250 0.6790 0.68888
fact.A            1 24.3789 24.3789 73.5884 2.528e-11 ***
fact.B            3 3.9950 1.3317 4.0197 0.01235 *
fact.A:fact.B     3 2.6096 0.8699 2.6257 0.06079 .
Residuals        49 16.2331 0.3313
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
$Daun[[2]]
[1] "R Square 0.667"
```

```
$Daun[[3]]
[1] "SEm of A: 0.102 , SEd of A: 0.144 , SEM of B: 0.144 ,
SEd of B 0.203 , SEM of AB: 0.203 , SEd of AB: 0.288"
```

```
$Daun[[4]]
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: model$residuals
W = 0.96615, p-value = 0.07619
```

```
$Daun[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"
```

```
$Daun[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Daun[[7]]
$Daun[[7]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.3312872 49 1.992188 28.89163
```

```
$Daun[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.2891656
```

```
$Daun[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TE      2.609375      a
E      1.375000      b
```

```
$Daun[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Daun[[9]]
$Daun[[9]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.3312872 49 1.992188 28.89163
```

```
$Daun[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.4089419
3 2.989027      0.4301028
4 3.085681      0.4440107
```

```
$Daun[[9]][[3]]
      dependent.var groups
B2      2.403646      a
```

```

B6      1.953125      b
B05     1.875000      b
B4      1.736979      b

```

```

$Daun[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"

```

```

$Daun[[11]]
$Daun[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.3312872 49 1.992188 28.89163

```

```

$Daun[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.841969      0.5783312
3 2.989027      0.6082572
4 3.085681      0.6279259
5 3.155712      0.6421769
6 3.209440      0.6531104
7 3.252246      0.6618213
8 3.287272      0.6689489

```

```

$Daun[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TE:B2      2.8125000      a
TE:B05     2.6875000      a
TE:B4      2.5625000      ab
TE:B6      2.3750000      ab
E:B2      1.9947917      bc
E:B6      1.5312500      cd
E:B05     1.0625000      de
E:B4      0.9114583      e

```

Lampiran 2. Hasil Analisis Statistik Percobaan 2

a. Respon tunas berakar

```

$Tunas_Akar
$Tunas_Akar[[1]]
Analysis of Variance Table

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 9 20167      2241  1.7742  0.1001
fact.A            2  4333      2167  1.7155  0.1914
fact.B            1 60167     60167 47.6393 1.424e-08 ***
fact.A:fact.B     2   333       167  0.1320  0.8767
Residuals        45 56833     1263
---

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

\$Tunas_Akar[[2]]
[1] "R Square 0.599"

\$Tunas_Akar[[3]]
[1] "SEm of A: 7.947 , SEd of A: 11.238 , SEm of B: 6.488 ,
SEd of B 9.176 , SEM of AB: 11.238 , SEd of AB: 15.893"

\$Tunas_Akar[[4]]
Shapiro-Wilk normality test

data: model\$residuals
W = 0.9802, p-value = 0.437

\$Tunas_Akar[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

\$Tunas_Akar[[6]]
[1] "All the first factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"

\$Tunas_Akar[[7]]
\$Tunas_Akar[[7]][[1]]
MSerror Df Mean CV
1262.963 45 38.33333 92.70832

\$Tunas_Akar[[7]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.848372 22.63482
3 2.995440 23.80350

\$Tunas_Akar[[7]][[3]]
dependent.var groups
TB 50 a
B1 35 a
B2 30 a

\$Tunas_Akar[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"

\$Tunas_Akar[[9]]
\$Tunas_Akar[[9]][[1]]
MSerror Df Mean CV
1262.963 45 38.33333 92.70832

\$Tunas_Akar[[9]][[2]]

```

      Table CriticalRange
2 2.848372      18.48125

```

```

$Tunas_Akar[[9]][[3]]
      dependent.var groups
MS      70.000000      a
B6      6.666667      b

```

```

$Tunas_Akar[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"

```

```

$Tunas_Akar[[11]]
$Tunas_Akar[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1262.963 45 38.33333 92.70832

```

```

$Tunas_Akar[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      32.01047
3 2.995440      33.66324
4 3.091920      34.74750
5 3.161684      35.53152
6 3.215093      36.13174

```

```

$Tunas_Akar[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TB:MS      80      a
B1:MS      70      a
B2:MS      60      a
TB:B6      20      b
B1:B6      0      b
B2:B6      0      b

```

b. Respon tunas tunggal

```

$$Tunas_Tunggal
$Tunas_Tunggal[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value      Pr(>F)
replicationvector  9  10167  1129.6   0.8090  0.610357
fact.A             2   61000 30500.0  21.8435 2.347e-07 ***
fact.B             1   13500 13500.0   9.6684  0.003248 **
fact.A:fact.B      2    1000   500.0   0.3581  0.700984
Residuals         45   62833  1396.3
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

$Tunas_Tunggal[[2]]
[1] "R Square 0.577"

$Tunas_Tunggal[[3]]
[1] "SEm of A: 8.356 , SEd of A: 11.816 , SEM of B: 6.822 ,
SEd of B 9.648 , SEM of AB: 11.816 , SEd of AB: 16.711"

$Tunas_Tunggal[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data: model$residuals
W = 0.97297, p-value = 0.2035

$Tunas_Tunggal[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

$Tunas_Tunggal[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"

$Tunas_Tunggal[[7]]
$Tunas_Tunggal[[7]][[1]]
      MSerror Df Mean      CV
1396.296 45    45 83.03789

$Tunas_Tunggal[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      23.79965
3 2.995440      25.02847

$Tunas_Tunggal[[7]][[3]]
      dependent.var groups
TB          90      a
B1          25      b
B2          20      b

$Tunas_Tunggal[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"

$Tunas_Tunggal[[9]]
$Tunas_Tunggal[[9]][[1]]
      MSerror Df Mean      CV
1396.296 45    45 83.03789

$Tunas_Tunggal[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      19.43233

```



```
$Tunas_Tunggal[[9]][[3]]
  dependent.var groups
MS           60     a
B6           30     b
```

```
$Tunas_Tunggal[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"
```

```
$Tunas_Tunggal[[11]]
$Tunas_Tunggal[[11]][[1]]
  MSerror Df Mean      CV
1396.296 45   45 83.03789
```

```
$Tunas_Tunggal[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.848372          33.65779
3 2.995440          35.39561
4 3.091920          36.53567
5 3.161684          37.36003
6 3.215093          37.99114
```

```
$Tunas_Tunggal[[11]][[3]]
  dependent.var groups
TB:MS           100     a
TB:B6            80     a
B1:MS            40     b
B2:MS            40     b
B1:B6            10     bc
B2:B6             0     c
```

c. Respon tunas majemuk

```
$Tunas_Multiple
$Tunas_Multiple[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
replicationvector  9  10167  1129.6   0.8090  0.610357
fact.A             2  61000 30500.0 21.8435 2.347e-07 ***
fact.B             1  13500 13500.0  9.6684  0.003248 **
fact.A:fact.B      2   1000   500.0  0.3581  0.700984
Residuals         45  62833  1396.3
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
$Tunas_Multiple[[2]]
```

```

[1] "R Square 0.577"

$Tunas_Multiple[[3]]
[1] "SEm of A: 8.356 , SEd of A: 11.816 , SEM of B: 6.822 ,
SEd of B 9.648 , SEM of AB: 11.816 , SEd of AB: 16.711"

$Tunas_Multiple[[4]]

      Shapiro-Wilk normality test

data:  model$residuals
W = 0.97297, p-value = 0.2035

$Tunas_Multiple[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

$Tunas_Multiple[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"

$Tunas_Multiple[[7]]
$Tunas_Multiple[[7]][[1]]
      MSerror Df Mean      CV
1396.296 45    55 67.94009

$Tunas_Multiple[[7]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      23.79965
3 2.995440      25.02847

$Tunas_Multiple[[7]][[3]]
      dependent.var groups
B2          80      a
B1          75      a
TB          10      b

$Tunas_Multiple[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"

$Tunas_Multiple[[9]]
$Tunas_Multiple[[9]][[1]]
      MSerror Df Mean      CV
1396.296 45    55 67.94009

$Tunas_Multiple[[9]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      19.43233

$Tunas_Multiple[[9]][[3]]

```

```

dependent.var groups
B6          70      a
MS          40      b

```

```

$Tunas_Multiple[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are same so dont go for any multiple comparison test"

```

```

$Tunas_Multiple[[11]]
$Tunas_Multiple[[11]][[1]]
  MSerror Df Mean      CV
1396.296 45  55 67.94009

```

```

$Tunas_Multiple[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.848372      33.65779
3 2.995440      35.39561
4 3.091920      36.53567
5 3.161684      37.36003
6 3.215093      37.99114

```

```

$Tunas_Multiple[[11]][[3]]
dependent.var groups
B2:B6          100      a
B1:B6           90      ab
B1:MS           60      b
B2:MS           60      b
TB:B6           20      c
TB:MS            0      c

```

d. Rata-rata jumlah tunas majemuk

```

$Jumlah_multiple
$Jumlah_multiple[[1]]
Analysis of Variance Table

```

```

Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
replicationvector  9  44.017   4.891  1.3047  0.261315
fact.A             2 148.800  74.400 19.8478 6.613e-07 ***
fact.B             1 120.417 120.417 32.1238 9.694e-07 ***
fact.A:fact.B      2  40.933  20.467  5.4599 0.007534 **
Residuals         45 168.683   3.749
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

$Jumlah_multiple[[2]]
[1] "R Square 0.677"

```

```
$Jumlah_multiple[[3]]
[1] "SEm of A: 0.433 , SEd of A: 0.612 , SEm of B: 0.353 ,
SEd of B 0.5 , SEm of AB: 0.612 , SEd of AB: 0.866"
```

```
$Jumlah_multiple[[4]]
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: model$residuals
W = 0.98874, p-value = 0.8552
```

```
$Jumlah_multiple[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"
```

```
$Jumlah_multiple[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not
same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Jumlah_multiple[[7]]
$Jumlah_multiple[[7]][[1]]
  MSerror Df Mean      CV
3.748519 45 2.45 79.02486
```

```
$Jumlah_multiple[[7]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.848372      1.233138
3 2.995440      1.296807
```

```
$Jumlah_multiple[[7]][[3]]
dependent.var groups
B2          3.85      a
B1          3.25      a
TB          0.25      b
```

```
$Jumlah_multiple[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are
not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Jumlah_multiple[[9]]
$Jumlah_multiple[[9]][[1]]
  MSerror Df Mean      CV
3.748519 45 2.45 79.02486
```

```
$Jumlah_multiple[[9]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.848372      1.006853
```

```
$Jumlah_multiple[[9]][[3]]
dependent.var groups
B6          3.866667     a
```

MS 1.033333 b

```
$Jumlah_multiple[[10]]
[1] "The means of levels of interaction between two factors
are not same, so go for multiple comparison test"
```

```
$Jumlah_multiple[[11]]
$Jumlah_multiple[[11]][[1]]
  MSerror Df Mean CV
  3.748519 45 2.45 79.02486
```

```
$Jumlah_multiple[[11]][[2]]
  Table CriticalRange
2 2.848372 1.743920
3 2.995440 1.833962
4 3.091920 1.893033
5 3.161684 1.935746
6 3.215093 1.968446
```

```
$Jumlah_multiple[[11]][[3]]
dependent.var groups
B2:B6 5.8 a
B1:B6 5.3 a
B2:MS 1.9 b
B1:MS 1.2 bc
TB:B6 0.5 bc
TB:MS 0.0 c
```

e. Tinggi tunas

➤ Data asli

```
$Tinggi
$Tinggi[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector 9 25.649  2.84987  1.5838 0.1492
fact.A           2  4.195  2.09753  1.1657 0.3209
fact.B           1  2.886  2.88643  1.6042 0.2118
fact.A:fact.B    2  1.688  0.84393  0.4690 0.6286
Residuals       45 80.970  1.79934
```

```
$Tinggi[[2]]
[1] "R Square 0.298"
```

```
$Tinggi[[3]]
[1] "SEm of A: 0.3 , SEd of A: 0.424 , SEm of B: 0.245 ,
SEd of B 0.346 , SEm of AB: 0.424 , SEd of AB: 0.6"
```

```
$Tinggi[[4]]
```

Shapiro-Wilk normality test

data: model\$residuals
W = 0.70981, p-value = 1.378e-09

\$Tinggi[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

\$Tinggi[[6]]
[1] "All the first factor level means are same so dont go
for any multiple comparison test"

\$Tinggi[[7]]
\$Tinggi[[7]][[1]]
 MSerror Df Mean CV
 1.799344 45 1.724333 77.79216

\$Tinggi[[7]][[2]]
 Table CriticalRange
2 2.848372 0.8543559
3 2.995440 0.8984681

\$Tinggi[[7]][[3]]
 dependent.var groups
TB 2.005 a
B2 1.798 a
B1 1.370 a

\$Tinggi[[8]]
[1] "All the second factor level means are same so dont
go for any multiple comparison test"

\$Tinggi[[9]]
\$Tinggi[[9]][[1]]
 MSerror Df Mean CV
 1.799344 45 1.724333 77.79216

\$Tinggi[[9]][[2]]
 Table CriticalRange
2 2.848372 0.6975787

\$Tinggi[[9]][[3]]
 dependent.var groups
MS 1.943667 a
B6 1.505000 a

\$Tinggi[[10]]

[1] "The means of levels of interaction between two factors are same so dont go for any multiple comparison test"

```
$Tinggi[[11]]
$Tinggi[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
1.799344 45 1.724333 77.79216
```

```
$Tinggi[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      1.208242
3 2.995440      1.270626
4 3.091920      1.311551
5 3.161684      1.341144
6 3.215093      1.363800
```

```
$Tinggi[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TB:MS      2.360      a
B2:B6      1.815      a
B2:MS      1.781      a
B1:MS      1.690      a
TB:B6      1.650      a
B1:B6      1.050      a
```

➤ Data transformasi

```
$Tinggi
$Tinggi[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
replicationvector  9 1.7677 0.19641  1.7991 0.09489 .
fact.A             2 0.4682 0.23412  2.1445 0.12894
fact.B             1 0.6221 0.62207  5.6981 0.02125 *
fact.A:fact.B      2 0.0351 0.01755  0.1607 0.85200
Residuals         45 4.9127 0.10917
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
' ' 1
```

```
$Tinggi[[2]]
[1] "R Square 0.371"
```

```
$Tinggi[[3]]
[1] "SEm of A: 0.074 , SEd of A: 0.104 , SEM of B: 0.06 ,
SEd of B 0.085 , SEM of AB: 0.104 , SED of AB: 0.148"
```

```
$Tinggi[[4]]
```

Shapiro-Wilk normality test

data: model\$residuals
W = 0.81849, p-value = 4.026e-07

\$Tinggi[[5]]
[1] "Normality assumption is violated"

\$Tinggi[[6]]
[1] "All the first factor level means are same so dont go for any multiple comparison test"

\$Tinggi[[7]]
\$Tinggi[[7]][[1]]
MSerror Df Mean CV
0.1091717 45 1.447148 22.8319

\$Tinggi[[7]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.848372 0.2104441
3 2.995440 0.2213098

\$Tinggi[[7]][[3]]
dependent.var groups
TB 1.562190 a
B2 1.431817 a
B1 1.347436 a

\$Tinggi[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are not same, so go for multiple comparison test"

\$Tinggi[[9]]
\$Tinggi[[9]][[1]]
MSerror Df Mean CV
0.1091717 45 1.447148 22.8319

\$Tinggi[[9]][[2]]
Table CriticalRange
2 2.848372 0.1718269

\$Tinggi[[9]][[3]]
dependent.var groups
MS 1.548970 a
B6 1.345325 b

\$Tinggi[[10]]


```
[1] "The means of levels of interaction between two
factors are same so dont go for any multiple comparison
test"
```

```
$Tinggi[[11]]
$Tinggi[[11]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
      0.1091717 45 1.447148 22.8319
```

```
$Tinggi[[11]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      0.2976129
3 2.995440      0.3129793
4 3.091920      0.3230600
5 3.161684      0.3303493
6 3.215093      0.3359298
```

```
$Tinggi[[11]][[3]]
      dependent.var groups
TB:MS      1.683186      a
B2:MS      1.499524      ab
B1:MS      1.464202      ab
TB:B6      1.441194      ab
B2:B6      1.364110      ab
B1:B6      1.230670      b
```

f. Jumlah daun

```
$Daun
$Daun[[1]]
Analysis of Variance Table
```

```
Response: dependent.var
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
replicationvector	9	8.3240	0.9249	1.8624	0.08288 .
fact.A	2	15.3694	7.6847	15.4741	7.685e-06 ***
fact.B	1	2.7807	2.7807	5.5992	0.02233 *
fact.A:fact.B	2	1.3947	0.6973	1.4042	0.25612
Residuals	45	22.3478	0.4966		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
$Daun[[2]]
[1] "R Square 0.555"
```

```
$Daun[[3]]
[1] "SEm of A: 0.158 , SEd of A: 0.223 , SEm of B: 0.129 ,
SEd of B 0.182 , SEm of AB: 0.223 , SEd of AB: 0.315"
```

```
$Daun[[4]]
```

Shapiro-Wilk normality test

data: model\$residuals
W = 0.98734, p-value = 0.7898

\$Daun[[5]]
[1] "Normality assumption is not violated"

\$Daun[[6]]
[1] "The means of one or more levels of first factor are not same, so go for multiple comparison test"

\$Daun[[7]]
\$Daun[[7]][[1]]
 MSerror Df Mean CV
 0.4966178 45 2.190389 32.17288

\$Daun[[7]][[2]]
 Table CriticalRange
2 2.848372 0.4488414
3 2.995440 0.4720160

\$Daun[[7]][[3]]
 dependent.var groups
TB 2.900000 a
B1 1.916667 b
B2 1.754500 b

\$Daun[[8]]
[1] "The means of one or more levels of second factor are not same, so go for multiple comparison test"

\$Daun[[9]]
\$Daun[[9]][[1]]
 MSerror Df Mean CV
 0.4966178 45 2.190389 32.17288

\$Daun[[9]][[2]]
 Table CriticalRange
2 2.848372 0.3664774

\$Daun[[9]][[3]]
 dependent.var groups
MS 2.405667 a
B6 1.975111 b

\$Daun[[10]]

[1] "The means of levels of interaction between two factors are same so dont go for any multiple comparison test"

```
$Daun[[1]]
$Daun[[1]][[1]]
      MSerror Df      Mean      CV
0.4966178 45 2.190389 32.17288
```

```
$Daun[[1]][[2]]
      Table CriticalRange
2 2.848372      0.6347576
3 2.995440      0.6675314
4 3.091920      0.6890320
5 3.161684      0.7045788
6 3.215093      0.7164811
```

```
$Daun[[1]][[3]]
      dependent.var groups
TB:B6      2.900000      a
TB:MS      2.900000      a
B1:MS      2.250000      ab
B2:MS      2.067000      bc
B1:B6      1.583333      bc
B2:B6      1.442000      c
```

Lampiran 3. Tabel Persentase Tunas Normal Percobaan 2

Perlakuan	Media	Tunas Normal (%)
Utuh	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00
Sayatan membujur	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00
Sayatan silang	MS	100 ± 0,00
	MS + BAP	100 ± 0,00

Ket: Angka dalam masing-masing kolom menunjukkan nilai rata-rata ± standar error ($n = 10$; 1 eksplan).

Lampiran 4. Rincian Pembuatan Larutan Stok Media MS

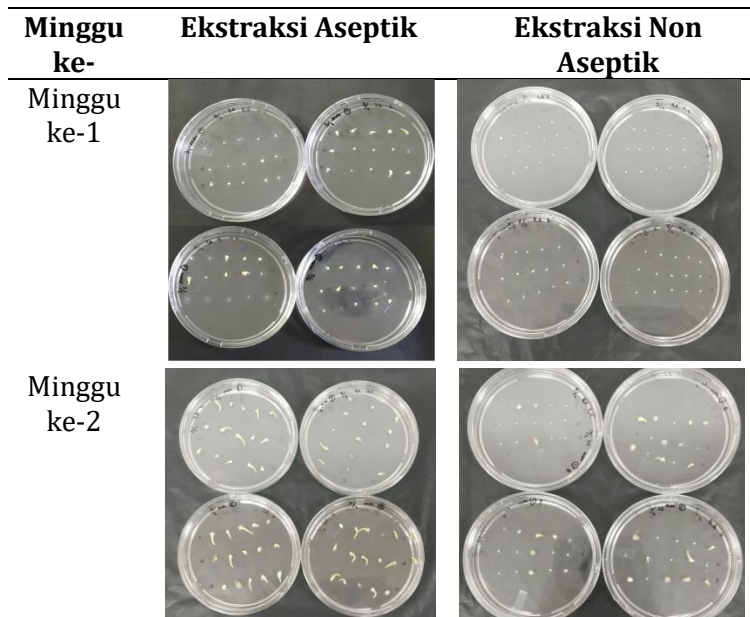
<ul style="list-style-type: none"> • Larutan Stok Makro 1 Liter 10X <ul style="list-style-type: none"> NH₄NO₃ 16,5 gr KNO₃ 19 gr CaCl₂·2H₂O 4,4 gr KH₂PO₄ 1,7 gr MgSO₄·7H₂O 3,7 gr • Larutan Stok FeNaEDTA <ul style="list-style-type: none"> 3,67 gr= 1000 ml • Larutan Vitamin MS 500 ml <ul style="list-style-type: none"> Glycine 0,2 gr Pyridoxine 0,05 gr Thiamme HCl 0,01 gr Nic. Acid 0,05 gr 	<ul style="list-style-type: none"> • Larutan Stok Mikro 100x 1 Liter <ul style="list-style-type: none"> MnSO₄·H₂O 1,69 gr ZnSO₄·7H₂O 0,86 gr H₂BO₃ 0,62 gr KI 0,083 gr Na₂MoO₄·2H₂O 0,025 gr CuSO₄·5H₂O 0,0025 gr CoCl₂·6H₂O 0,0025 gr • Membuat media MS 1 Liter <ul style="list-style-type: none"> Larutan Makro MS 100 ml Larutan Mikro MS 10 ml FeNaEDTA 10 ml Vit MS 5 ml Myoinositol 0,1 gr Gula 30 gr
---	--

Mengetahui,
Wakil Kepala Laboratorium Biak Sel
dan Jaringan Tumbuhan

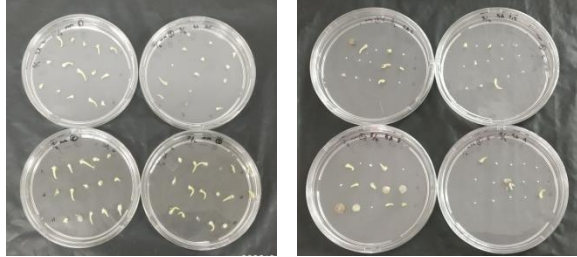
Tri Handayani
Tri Handayani, M.Si.
NIP. 198405062010122001

Lampiran 5. Dokumentasi Pengamatan

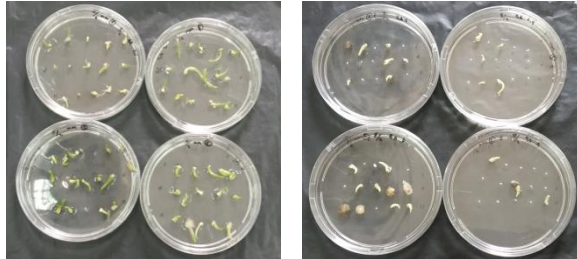
a. Tahap perkecambahan



Minggu ke-3



Minggu ke-4



b. Tahap pembesaran

Minggu ke-	Ekstraksi Aseptik	Ekstraksi Non Aseptik
Minggu ke-2		
Minggu ke-4		

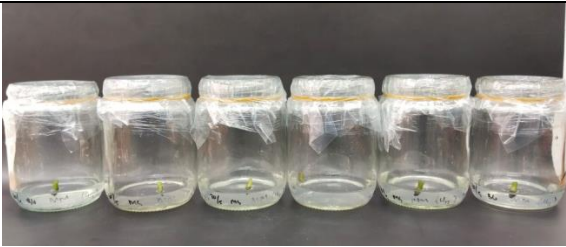
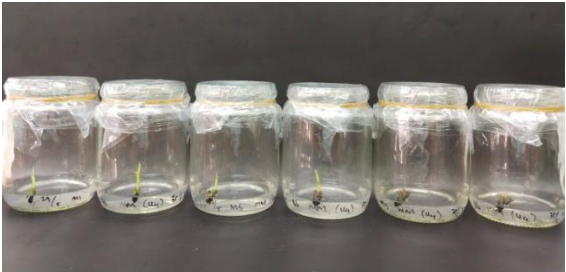
Minggu ke-6



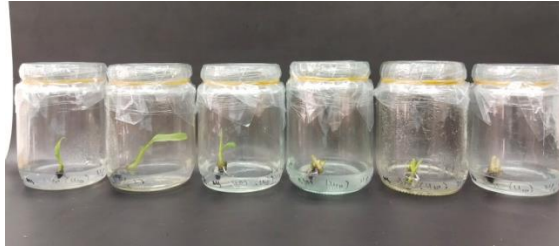
Minggu ke-8



c. Induksi multiplikasi tunas

Minggu ke-	Perlakuan Dekapitasi
Minggu ke-1	
Minggu ke-2	

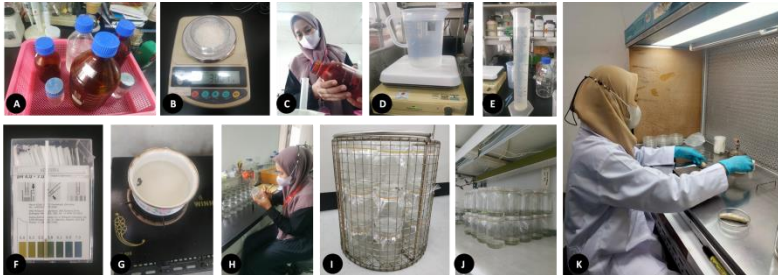
Minggu
ke-3



Minggu
ke-4



Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan



Keterangan :

- A. Larutan stok media
- B. Timbangan analitik
- C. Penuangan larutan stok
- D. Pelarutan media di hot plate
- E. Pengukuran media
- F. Pengukuran pH
- G. Memasak media di kompor
- H. Penuangan dan pelabelan media
- I. Persiapan autoclave
- J. Penyimpanan media di rak media
- K. Inisiasi biji

Lampiran 7. Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185
E-mail: fst@walisongo.ac.id Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.6299/Un.10.8/K/SP.01.08/09/2022 Semarang, 15 September 2022
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Kepala Pusat Riset Genetika BRIN
Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Cibinong
Bogor, Jawa Barat
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi Prodi Biologi pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, bersama ini kami sampaikan saudara :

Nama : Fiyya Millatit Thoyyibah

NIM : 1908016016

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Biologi.

Judul Skripsi : Mikropropagasi Pisang Liar Tahan Banana Bunchy Top Virus (BBTV).

Dosen Pembimbing : 1. Baiq Farhatul Wahida, M.Si

2. Apriliana Dyah Prawestri, M.Si

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut meminta ijin melaksanakan riset di Rekayasa Genetika BRIN Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Cibinong, yang akan dilaksanakan tanggal 1 Oktober 2022-30 Maret 2023.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Dekan
Kabag. TU

Muh. Kharis, SH., MH
NIP.196910171994031002

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Fiyya Millatit Thoyyibah
Tempat, Tanggal Lahir : Semarang, 14 Januari 2002
Alamat Rumah :Krajan 2, Rt/Rw 02/02 Kel.
Mangkang Kulon, Kec. Tugu,
Kota Semarang, Jawa Tengah
50155
Nomer HP : 089646538833
E-mail : millatitfiyya14@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal :

1. MI I'anatusshibyan Mangkang Kulon Semarang (2013)
2. MTS Futuhiyyah 2 Mranggen Demak (2016)
3. MA NU Nurul Huda Semarang (2019)

Pendidikan Non-Formal :

1. TPQ Muslimat NU Mangkang Kulon Semarang
2. Pondok Pesantren Al-Badriyyah Mranggen Demak
3. Ma'had Al-Jami'ah Walisongo Semarang

Semarang, 20 September 2023



Fiyya Millatit Thoyyibah