

**PENGARUH KOMBINASI BAP (6-Benzyl Amino Purine) DAN NAA(Naphtalen
Acetic Acid) TERHADAP INDUKSI TUNAS AKSILAR
CENDANA (*Santalum album L.*)**

SKRIPSI

Oleh :

IMANIAH BAZLINA WARDANI

NIM. 12620040



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2016**

**PENGARUH KOMBINASI BAP (6-Benzyl Amino Purine) DAN NAA(Naphtalen
Acetic Acid) TERHADAP INDUKSI TUNAS AKSILAR
CENDANA (*Santalum album L.*)**

SKRIPSI

Diajukan Kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh :
IMANIAH BAZLINA WARDANI
NIM : 12620040

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

2016

PENGARUH KOMBINASI BAP (6-Benzyl Amino Purine) DAN NAA (Naphtalen Acetic Acid) TERHADAP INDUKSI TUNAS AKSILAR CENDANA (*Santalum album L.*)

SKRIPSI

Oleh :

IMANIAH BAZLINA WARDANI

NIM. 12620040

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal : 20 Juni 2016

Pembimbing I



Ruri Siti Resmisari, M.Si

NIPT. 201402012423

Pembimbing II



M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I

NIPT. 201402011409

Mengetahui

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Erika Sandi Savitri, M.P

NIPT. 197410182003122002

PENGARUH KOMBINASI BAP (6-Benzyl Amino Purine) DAN NAA (Naphtalen Acetic Acid) TERHADAP INDUKSI TUNAS AKSILAR CENDANA (*Santalum album* L.)

SKRIPSI

Oleh :

IMANIAH BAZLINA WARDANI

NIM. 12620040

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 27 Juni 2016

Susunan Dewan Penguji

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Penguji Utama : | <u>Dr. H. Eko Budi Minarno</u>
NIP. 196301141999031001 |
| 2. Ketua : | <u>Dr. Evika Sandi Savitri, M.P</u>
NIP. 197410182003122002 |
| 3. Sekretaris : | <u>Ruri Siti Resmisari, M.Si</u>
NIPT. 201402012423 |
| 4. Anggota : | <u>M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I</u>
NIPT. 201402011409 |

Tanda Tangan

()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P

NIP. 197410182003122002

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imaniah Bazlina Wardani
NIM : 12620040
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Biologi
Judul Penelitian : Pengaruh Kombinasi BAP (6-Benzyl Amino Purine) Dan
NAA (Naphthalen Acetic Acid) Terhadap Induksi Tunas
Aksilar Cendana (*Santalum Album L.*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 20 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan



Imaniah Bazlina Wardani

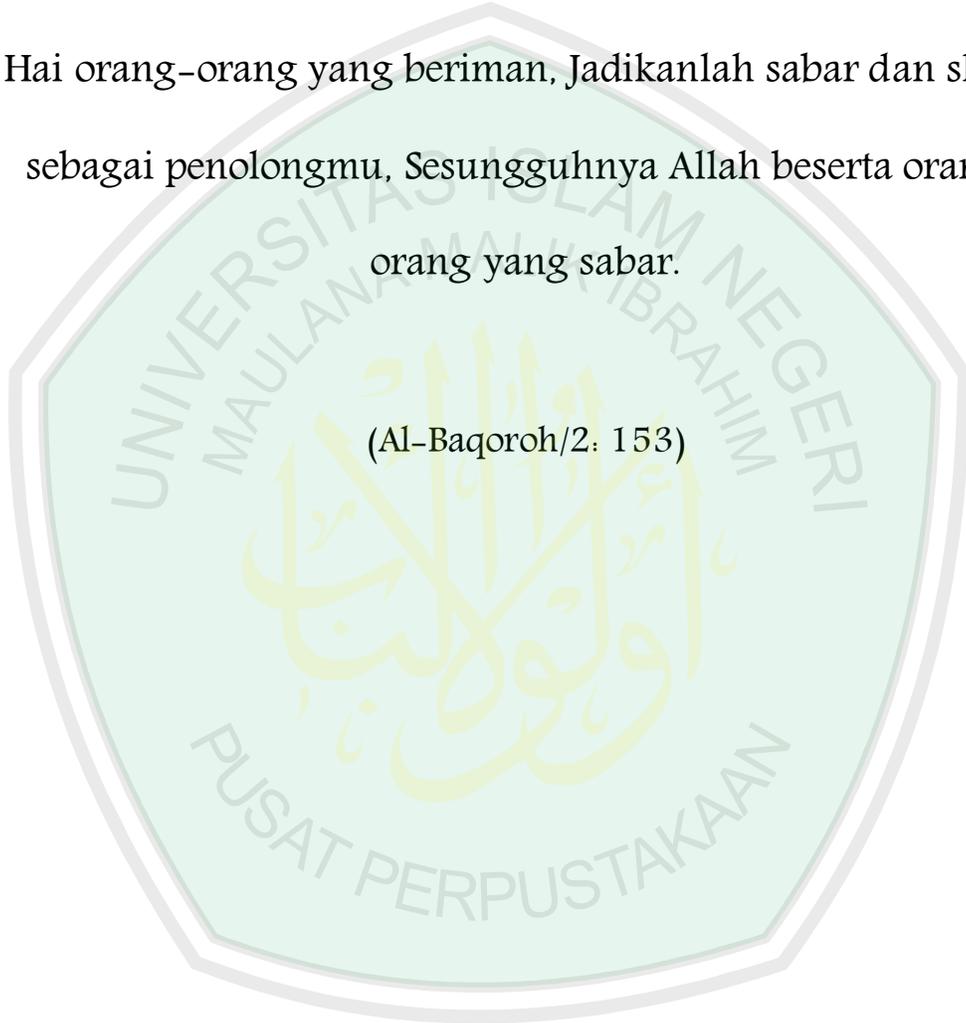
NIM. 12620040

MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ ۚ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ ﴿١٥٣﴾

Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.

(Al-Baqoroh/2: 153)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk:

Allah SWT yang menciptakan aku
dengan kelebihan dan kekurangan

Ayahanda Suyono dan Ibunda Ilmiah
yang menjadi perantara Rabb,
membesarkan & mendidik saya

Special thanks to:
Koloni Biologi 2012

Teman perjuangan nyekripsi :Iin inyuk, Khanifa, Kurniawan, Rizka, Fuad, Indah,
Novi & Hima (terima kasih sudah mau menampung semua keluh kesah dan
membantu selama penelitian berlangsung)

Para Korlab: MbK Lil, Mas Basyar, Mas Ismail

Temen-temen kos :Julia (makasih udah bantu translete), Silvi, Rena, Ana, Bela,
Alfi, Riska, Rahma, Nafis, Putri. Makasih udah menjadi keluarga selama
diperantauan.

Terima kasih atas bantuan dan doanya
Dan semua pihak yang sudah membantu tak dapat kusebutkan satu persatu.
Syukron 😊

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT karena atas rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, MP selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ruri Siti Resmisari, M.Si selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. M Mukhlis Fahrudin, M. S.I selaku Dosen pembimbing integrasi Sains dan Islam yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
6. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dosen wali yang telah memberikan banyak saran serta nasehat kepada penulis.
7. Ruri Siti Resmisari, M.Si selaku Ketua Laboratorium atas kesediaanya untuk memberikan izin penelitian di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

8. Segenap Dosen Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Segenap sivitas akademika Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, terutama Jurusan Biologi, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbinganya.
10. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan doa dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
11. Teman-teman yang kami banggakan, Biologi angkatan 2012 Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
12. Serta semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materiil maupun moril.

Tiada yang dapat penulis lakukan selain berdo'a semoga Allah SWT memberikan imbalan yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 20 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACK.....	ix
المخلص.....	X
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Hipotesis.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
1.6 Batasan Masalah.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Cendana (<i>Santalum album</i> Linn).....	9
2.2.1 Deskripsi Tanaman.....	11
2.2.2 Morfologi Tanaman.....	13
2.2.3 Manfaat Tanaman.....	17
2.2 Metode Kultur Jaringan.....	18
2.2.1 Pengertian Kultur Jaringan.....	18
2.2.2 Prinsip Kultur Jaringan.....	19
2.2.3 Faktor Keberhasilan Kultur Jaringan.....	20
2.2.4 Masalah dalam Kultur Jaringan.....	21
2.3 Media Kultur Jaringan.....	22
2.3.1 Kandungan Media Kultur Jaringan.....	23
2.3.2 Media MS.....	25
2.4 Zat Pengatur Tumbuh.....	26
2.4.1 Definisi ZPT.....	26
2.4.2 Macam-macam ZPT.....	27

2.4.3 Penggunaan BAP dalam Kultur Jaringan.....	27
2.4.4 Penggunaan NAA dalam Kultur Jaringan.....	30
2.4.5 Kombinasi Auksin dan Sitokinin.....	32
2.6.3 Pengaruh Kombinasi Auksin dan Sitokinin.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.2 Rancangan Penelitian.....	35
3.3 Alat dan Bahan.....	36
3.3.1 Alat.....	36
3.3.1 Bahan.....	36
3.4 Langkah Kerja.....	37
3.4.1 Tahap Persiapan.....	37
3.4.2 Tahap Pelaksanaan.....	40
3.5 Pengamatan.....	41
3.6 Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pengaruh BAP dan NAA terhadap Hari Muncul Tunas Aksilar Cendana.....	44
4.2 Pengaruh BAP dan NAA terhadap Jumlah Tunas Aksilar Cendana.....	49
4.3 Pengaruh BAP dan NAA terhadap Panjang Tunas Aksilar Cendana.....	58
4.4 Pengaruh BAP dan NAA terhadap Jumlah Daun Tunas Aksilar Cendana.....	63
4.5 Proses Pertumbuhan Tanaman dalam Al-Qur'an.....	69
BAB V PENUTUP.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada induksi hari munculnya tunas aksilar Cendana	45
Tabel 4.1.2 Uji DMRT Taraf 5% terhadap hari muncul tunas aksilar.....	46
Tabel 4.2.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada induksi jumlah tunas aksilar Cendana	49
Tabel 4.2.2 Uji DMRT Taraf 5% terhadap jumlah tunas adventif.....	50
Tabel 4.3.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada induksi panjang tunas aksilar Cendana	59
Tabel 4.3.2 Uji DMRT Taraf 5% terhadap panjang tunas aksilar	59
Tabel 4.4.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada jumlah daun tunas aksilar Cendana.....	63
Tabel 4.4.2 Uji DMRT Taraf 5% terhadap jumlah daun tunas aksilar	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon Induk Cendana.....	12
Gambar 2.2 Daun Cendana.....	13
Gambar 2.3 Bunga dan Biji Cendana.....	14
Gambar 2.4 Buah Cendana.....	15
Gambar 2.5 Akar Cendana.....	15
Gambar 2.6 Struktur Molekul BAP.....	28
Gambar 2.7 Struktur Molekul NAA.....	30
Gambar 2.8 Interaksi Auksin dan Sitokinin.....	32
Gambar 3.1 Eksplan Cendana.....	41
Gambar 4.1.3 Hasil Muncul Tunas Aksilar Cendana.....	47
Gambar 4.1.4 Tunas Cendana.....	48
Gambar 4.2.3 Hasil Jumlah Tunas Aksilar Cendana.....	51
Gambar 4.2.4 Perbandingan Eksplan Sebelum dan Sesudah Tanam.....	53
Gambar 4.3.3 Hasil Panjang Tunas Cendana.....	60
Gambar 4.4.3 Hasil Jumlah Daun Tunas Aksilar Cendana.....	65
Gambar 4.4.3 Daun pada Eksplan Cendana.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian.....	80
Lampiran 2. Skema Kerja Tahapan Sterilisasi.....	81
Lampiran 3. Komposisi Media MS.....	84
Lampiran 4 Data Hasil Pengamatan.....	85
Lampiran 5 Analisis Data Perhitungan ANAVA.....	89
Lampiran 6 Perhitungan.....	93
Lampiran 7 Gambar Alat dan Bahan Kegiatan.....	94
Lampiran 8. Foto Kegiatan Kerja.....	96
Lampiran 9. Bukti konsultasi.....	97



ABSTRAK

Imaniah Bazlina Wardani. 2016. **Pengaruh Kombinasi BAP (6-Benzyl Amino Purine) dan NAA (Naphtalen Acetic Acid) terhadap Induksi Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*)**. Skripsi, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Ruri Siti Resmisari, M. Si. Pembimbing II: M Mukhlis Fahrudin, M. S.I

Kata Kunci : Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*), BAP (6-Benzyl Amino Purine), NAA (*Naphtalen Acetic Acid*)

Cendana (*Santalum album L.*) merupakan tanaman asli di Nusa Tenggara Timur. Cendana memiliki beragam manfaat khususnya bagian kayu dan minyaknya. Namun, tingginya eksploitasi pada Cendana, menyebabkan terjadinya penurunan populasi di habitat aslinya. Oleh karena itu perlu adanya upaya penyediaan bibit secara massal dalam waktu yang relatif singkat. Salah satunya menggunakan teknik pembiakan vegetatif secara kultur jaringan. Keberhasilan dalam induksi tunas secara kultur jaringan dipengaruhi oleh penambahan zat pengatur tumbuh seperti BAP dan NAA pada media kultur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kombinasi BAP dan NAA terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) dan untuk mengetahui kombinasi konsentrasi BAP dan NAA yang paling efektif untuk induksi tunas aksilar Cendana.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang pada bulan Maret-Juni 2016. Rancangan Penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dengan 16 perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah BAP (0 mg/l; 0,5 mg/l; 1 mg/l; dan 2 mg/l) sedangkan faktor kedua adalah NAA (0 mg/l; 0,1mg/l; 0,25 mg/l dan 0,5 mg/l). Parameter yang diamati adalah hari muncul tunas aksilar, jumlah tunas aksilar, rata-rata panjang tunas aksilar dan rata-rata jumlah daun pada tunas aksilar. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji 5 %.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penambahan BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap hari muncul tunas aksilar, jumlah tunas aksilar, rata-rata panjang tunas dan jumlah daun. Kombinasi konsentrasi yang paling efektif dalam menginduksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) adalah BAP 2 + NAA 0 mg/l.

ABSTRACT

maniah Bazlina Wardani. 2016. **Effect of Combination BAP (6-Benzyl Amino Purine) and NAA (Naphthalen Acetic Acid) to Axillary Buds Induction of Sandalwood (*Santalum album L.*)**. Thesis, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Ruri Siti Resmisari, M. Si. Supervisor II: M Mukhlis Fahrudin, MSI

Keywords: axillary buds Sandalwood (*Santalum album L.*), BAP (6-Benzyl Amino Purine), NAA (*Naphthalen Acetic Acid*)

Sandalwood (*Santalum album L.*) is a native plant in East Nusa Tenggara, Sandalwood has various benefits especially wood and essential oil. However, the high exploitation on Cendana, causing population declines in their natural habitat. Therefore, it is necessary to encourage the seed mass availability in a relatively short time. One of them using vegetative propagation techniques in tissue culture. Success in the bud induction in tissue culture is influenced by the addition of plant growth regulators such as BAP and NAA in the culture medium. The purpose of this study was to know the effect of combination of BAP and NAA to axillary buds induction Sandalwood (*Santalum album L.*) and to know combination of BAP and NAA concentrations were most effective for axillary buds induction Sandalwood.

The research was conducted at the Laboratory of Plant Tissue Culture, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang in March to June 2016. the study design used was completely randomized design factorial design with 16 treatments and 3 replications. The first factor is the BAP (0 mg / l, 0.5 mg / l; 1 mg / l and 2 mg / l) and the second factor is NAA (0 mg / l 0.1 mg / l; 0.25 mg / l and 0.5 mg / l). The parameters measured were the axillary buds appear, the number of axillary buds, the average length of axillary buds, and the average number of leaves on the axillary buds. Data were analyzed using Analysis of Variants (ANOVA) were continued by Duncan test Multiple Range Test (DMRT) at test level 5%.

The results of the study showed that the addition of BAP and NAA give effect in axillary buds appear, the number of axillary buds, the average length of axillary buds, and the average number of leaves on the axillary buds. Combination plant growth regulator concentration most effective to axillary buds induction Sandalwood (*Santalum album L.*) is BAP 2 + NAA 0 mg/l.

الملخص

إيمانية برلينا وردني. 2016. تأثير الخلطة BAP (6 البنزيل الأمينية البيورين) و NAA (نفتالين اسيتيت اجيد) علي إستقراء البراعم الإبطية خشب الصندل (*Santalum album L.*). بحث علمي. قمس علم الحياء. كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانق. المشرفة الأولى: روري سيت ريمساري الماجستير، المشرف الثاني: محمد مخلص فخر الدين الماجستير

الكلمات الرئيسية: البراعم الإبطية خشب الصندل, BAP (6 البنزيل الأمينية البيورين), NAA (نفتالين اسيتيت اجيد)

خشب الصندل (*Santalum album L.*) هو النبات الأصلية في نوسا تينجارالشرقية، خشب الصندل يتكون من الفوائد والخاصة في أجزاء خشبية والنفط. كان الاستغلال الكبيرعلي خشب الصندل يسبب عدد سكانه في موطن الطبيعية ناقصا. وبالتالي، يحتاج أكثر شتلات خشب الصندل في وقت قصير. من الطرائق للتكثّر النباتي هي زراعة الأنسجة. وإحدى عوامل النجاح في إستقراء البراعم الإبطية هو زيادة المنظمات النموّ المستخدمة BAP و NAA في وسيطة الزراعة. يهدف هذا البحث إلى معرفة: تأثير مخلطة BAP و NAA على إستقراء البراعم الإبطية خشب الصندل (*Santalum album L.*) و معرفة مخلطة التراكيز BAP و NAA التي الأكثر فاعلية لإستقراء البراعم الإبطية خشب الصندل.

هذا البحث في مختبر زراعة أنسجة النباتات لقمس علم الحياء بكلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانق في شهر مارس. يونيو 2016. الإستخدام هذا البحث التصميم العشوائي الكامل بالنمط المضروب أو 16 معالجة و 3 إعادت. العامل الأول هو BAP (0 ملغم/لتر؛ 0.5 ملغم/لتر؛ 1 ملغ/لتر؛ 2 ملغ/لتر) وأما العامل الثاني NAA (0 ملغم/لتر؛ 0.1 ملغم/لتر؛ 0.25 ملغ/لتر؛ 0.5 ملغم/لتر). كانت المعلمت باظهار البراعم الإبطية، وعدد البراعم الإبطية، ومتوسط طول البراعم الإبطية، ومتوسط عدد أوراق البراعم الإبطية. البيانات المحصولة محللة بالإستخدام ANOVA و يليه بإختبار الدنكان المتعدد النطاق (*Duncan Multiple Range Test*) في مستوى الاختبار 5%.

تدلّ نتيجة هذا البحث أن زيادة BAP و NAA يأتراّن في يوم إظهار البراعم الإبطية، عدد البراعم الإبطية، متوسط طول البراعم الإبطية و عدد الأوراق. احسن الخلطة في إستقراء البراعم الإبطية خشب الصندل هي BAP + 2 NAA 0 ملغ/لتر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cendana merupakan tanaman asli Indonesia khususnya yang tumbuh dan berkembang secara alami di wilayah Nusa Tenggara Timur yaitu di Pulau Sumba, Pulau Flores, Pulau Timor, Pulau Alor, Pulau Solor, Pulau Pantar, Pulau Lomblen, Pulau Adonara, Pulau Rote, dan menyebar di pulau-pulau kecil lainnya. Dibandingkan dengan tanaman Cendana yang ada di Australia dan India, tanaman Cendana yang tumbuh alami di NTT mempunyai kualitas kayu dan kandungan kadar santalo yang paling baik (Herawan, 2012).

Allah SWT telah memberikan peringatan melalui ciptaan-Nya dengan menumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang baik, satu diantaranya adalah Cendana. Firman Allah dalam surat Asy-Syuara (26) ayat 7 sebagai berikut :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?(QS Asy-Syuara/ 26 :7).

Ayat di atas menunjukkan bahwa sesungguhnya Allah SWT telah menumbuhkan bermacam-macam tumbuhan yang baik. Menurut tafsir Ibnu Katsir (2007), Allah Ta'ala mengingatkan kebesaran kekuasaan-Nya dan keagungan kemampuan-Nya. Dialah Yang Maha Perkasa, Maha Agung yang telah menciptakan bumi dan menumbuhkan di dalamnya tumbuh-tumbuhan yang baik

berupa tanam-tanaman, buah-buahan dan hewan. “*Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda*”, yaitu tanda atas kekuasaan Maha Pencipta.

Tanda kekuasaan Maha Pencipta dapat terlihat dari tanaman Cendana yang memiliki beragam manfaat. Tanaman Cendana khususnya kayu dan minyaknya banyak digunakan untuk upacara-upacara adat dan upacara kematian. Disamping itu kayunya digunakan untuk bahan baku kerajinan seperti patung, gagang keris, tasbih, kipas dan sebagainya. Minyak Cendana banyak digunakan dalam dunia farmasi, kosmetik dan dimanfaatkan sebagai parfum (Herawan, 2012).

Cendana juga berpotensi sebagai tanaman obat. Ibnu Umar RA, Rasulullah SAW bersabda :

إِنَّ خَيْرَ مَا تَدَاوَيْتُمْ بِهِ الْحِجَامَةُ وَالْكَسْتُ وَالشُّونِيزُ

Artinya : Sesungguhnya sebaik baik sarana yang kalian pergunakan untuk berobat adalah bekam, al kist (cendana), dan syuniz (jintan hitam)”.

Ahmad (2008) menjelaskan bahwa penggabungan antara bekam dan Cendana mempunyai makna strategis dalam aspek medis, dimana Cendana berfungsi mensterilkan pisau bekam, selain itu Cendana berfungsi mensterilkan luka yang ditimbulkan pisau bekam. Kayu Cendana mengandung asam penzotte dan helanin yang sama-sama berfungsi sebagai pencahat dan pembasmi bakteri (desinfektan). Kedua zat tersebut adalah zat-zat desinfektan yang efektif untuk membasmi kuman dan bakteri, karena itulah kayu ini cukup manjur untuk mengobati amandel, radang uvula, dan radang tekak (Ahmad, 2008).

Kelebihan yang dimiliki oleh Cendana tersebut memasukkannya dalam golongan kayu mewah, karena baik kayu dan minyaknya memiliki harga yang tinggi di pasaran domestik maupun di pasaran internasional. Berdasarkan informasi yang diperoleh melalui media *online* Kompas (2016) bahwa untuk saat ini harga kayu Cendana di pulau NTT berkisar lima ratus ribu rupiah per kilonya, sedangkan harga jual di luar NTT mencapai satu juta bahkan lebih per kilonya. Dengan kekhasan dan nilai ekonomi yang tinggi tersebut pada awalnya tanaman Cendana memberikan sumbangan devisa yang cukup tinggi bagi negara dan memberikan pendapatan Asli Daerah (PAD) yang paling tinggi bagi NTT (Herawan, 2012).

Kelebihan yang dimiliki Cendana menyebabkan tingginya eksploitasi bagi jenis tanaman ini tanpa memperhatikan aspek kelestariannya, sehingga populasi Cendana di habitat aslinya mengalami penurunan yang drastis. Cendana merupakan jenis kayu yang kritis sehingga perlu dilindungi dan dilestarikan. Hal tersebut terbukti dengan masuknya Cendana pada *International Union for Conservation of Nature (IUCN) Redlist* mulai tahun 1998 hingga sekarang dengan kategori rawan (*vulnerable*) yang artinya berada pada kondisi beresiko tinggi untuk mengalami kepunahan di alam (IUCN, 2016).

Faktor lain yang menyebabkan tingginya resiko kepunahan Cendana adalah rusaknya hutan sebagai habitat asli, kebakaran hutan dan berbagai praktek konversi hutan menjadi lahan pertanian secara tradisional (Araujo, 2011). Upaya-upaya pembuatan hutan tanaman Cendana masih belum mendapat perhatian yang memadai. Program penanaman Cendana masih dilakukan pada luasan areal yang

sempit, sehingga ratio antara laju eksploitasi Cendana di populasi alam cenderung lebih cepat dibandingkan dengan upaya penanaman kembali (Herawan, 2012).

Kondisi tersebut mendorong untuk membuat suatu terobosan penyediaan bibit tanaman Cendana secara massal. Penyediaan bibit dapat dilakukan secara generatif maupun vegetatif. Pembiakan generatif tanaman Cendana adalah melalui biji, akan tetapi dengan kelangkaan tanaman Cendana saat ini akan menyulitkan dalam mendapatkan benih Cendana dengan kuantitas dan kualitas yang memadai (Herawan, 2012). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka teknik pembiakan vegetatif secara kultur jaringan diharapkan mampu memenuhi penyediaan bibit secara massal dalam waktu yang singkat. Lestari (2011) menyebutkan bahwa keuntungan pengadaan bibit melalui kultur jaringan antara lain dapat diperoleh bahan tanaman yang unggul dalam jumlah banyak dan seragam, selain itu dapat diperoleh biakan steril (*mother stock*) sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk perbanyakan selanjutnya.

Kultur jaringan merupakan teknik menumbuhkembangkan bagian tanaman, baik berupa sel, jaringan maupun organ dalam kondisi aseptik secara *in vitro*. Teknik ini mampu memperbanyak tanaman dalam waktu yang relatif singkat. Perbanyakan melalui multiplikasi tunas merupakan metode yang banyak digunakan dalam perbanyakan tanaman pada teknik kultur jaringan secara *in vitro* karena selain cepat juga memiliki peluang yang kecil untuk terjadinya penyimpangan secara genetik (Gunawan, 1992). Pada penelitian ini akan dikembangkan teknik pembiakan vegetatif secara kultur jaringan yaitu dengan menginduksi tunas aksilar dari nodus Cendana.

Induksi tunas aksilar pada tanaman Cendana merupakan tahap awal dari multiplikasi tanaman. Tunas aksilar adalah tunas samping yang tumbuh dari ketiak daun (Rohayati, 2009). Penambahan zat pengatur tumbuh yang tepat mampu memperbanyak munculnya tunas aksilar, sehingga semakin banyak jumlah tunas aksilar, akan memperbanyak jumlah bibit tanaman yang dihasilkan. Oleh karena itu dalam penelitian ini dipilih induksi tunas aksilar karena perannya sebagai penyediaan bibit.

Modifikasi media kultur jaringan dengan menambah zat pengatur tumbuh perlu dilakukan untuk meningkatkan keberhasilannya, dalam kultur jaringan, dua golongan ZPT (zat pengatur tumbuh) yang sangat penting adalah auksin dan sitokinin. Interaksi dan perimbangan antara ZPT yang diberikan dalam media dan yang diproduksi oleh sel secara endogen menentukan arah perkembangan suatu kultur sehingga mempengaruhi proses-proses pertumbuhan dan morfogenesis (Astuti dan Andayani, 2005).

Penggunaan sitokinin dan auksin dalam satu media dapat memacu proliferasi tunas karena adanya pengaruh sinergisme antara zat pengatur tumbuh tersebut (Lestari, 2011). Penggunaan sitokinin mempunyai peranan penting jika bersamaan dengan auksin yaitu merangsang pembelahan sel dalam jaringan yang dibuat eksplan serta merangsang pertumbuhan tunas dan daun (Yuswindasari 2010). Zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi kedua ZPT tersebut saling berinteraksi dalam mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan (Karjadi dan Buchory, 2007), sehingga untuk memacu

pembentukan tunas dapat dilakukan dengan memanipulasi dosis auksin dan sitokinin eksogen.

Auksin merupakan golongan zat pengatur tumbuh yang berperan dalam merangsang pemanjangan sel-sel di dalam jaringan termasuk tunas-tunas muda yang sedang berkembang (Campbell dan Reece, 2012). Bentuk-bentuk auksin yang biasa ditambahkan ke dalam media kultur adalah IAA (*Indole-3-Acetic Acid*), 2,4-D (*2,4 Diclorophenoxy Asetic Acid*), dan NAA (*Asam α -Naftalen Asetat*) (Ross dan Salisbury, 1995). NAA merupakan ZPT dari golongan auksin yang bersifat lebih stabil daripada IAA, karena tidak mudah terurai oleh enzim-enzim yang dikeluarkan sel atau pemanasan pada proses sterilisasi (Wetter dan Constabel, 1991 dalam Sugiyanti 2008). Pada penelitian Arimarsetiowati (2012) menyebutkan bahwa dari ketiga ZPT yang digunakan yaitu NAA, IBA dan IAA, dimana NAA memberikan hasil cukup bagus untuk pertunasan dan perakaran kopi Arabika terutama dalam tinggi planlet. Berdasarkan hal tersebut, zat pengatur tumbuh dari golongan auksin yang digunakan dalam penelitian ini adalah NAA.

Sitokinin merupakan kelompok hormon tumbuhan yang berfungsi memacu pembelahan sel. Sitokinin berperan dalam merangsang pertumbuhan tunas samping (*lateral*), meningkatkan klorofil daun serta memperlambat proses penuaan (*senescence*) pada daun, buah dan organ-organ lainnya (Wattimena, 1988). Sitokinin yang biasa digunakan dalam kultur jaringan adalah BAP (*Benzil 6-amino purine*), 2-IP (*Dimethyl allyl Amino purin*) dan kinetin. BAP mempunyai struktur dasar yang sama dengan kinetin tetapi lebih efektif karena BAP mempunyai gugus benzil. BAP pada umumnya juga memiliki respon lebih baik

dibandingkan kinetin dan 2-IP (Flick dkk, 1993). Hal tersebut dibuktikan pula oleh penelitian Ruzic (2008) bahwa dari keempat zat pengatur tumbuh yaitu IBA, Kinetin, 2-IP dan BAP yang memberikan efek terbaik dalam multipikasi *Prunus avium* L adalah BAP. Sehingga zat pengatur tumbuh dari golongan sitokinin yang digunakan dalam penelitian ini adalah BAP .

Penggunaan ZPT BAP dan NAA pada penelitian sebelumnya telah mampu menginduksi munculnya tunas Gaharu (*Aquilaria agallocha* Roxb), dimana interaksi BAP 4 mg/l dan NAA 0.5 mg/l menunjukkan hasil induksi terbaik yaitu mencapai 75% dengan jumlah 5 tunas per eksplan (Debnath, 2013). Pada tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) eksplan yang membentuk tunas tertinggi yaitu pada perlakuan BAP 0,5 mg/l dan NAA 0,25mg/L dengan presentase 73,33 % (Sundari, 2015). Selain itu pada tanaman Tabat Barito (*Ficus deltoidea*) penambahan BAP 1 mg/l dan NAA 0,5 mg/l juga mampu menginduksi tunas terbaik (Kristina, 2009). Hal tersebut menunjukkan bahwa media MS yang dikombinasikan dengan zat pengatur tumbuh BAP dan NAA sesuai untuk menginduksi tunas.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai induksi tunas aksilar cendana pada media MS dengan penambahan BAP dan NAA. Pada penelitian ini penggunaan kombinasi BAP dan NAA dibuat beragam konsentrasi bertujuan untuk mendapatkan kombinasi zat pengatur tumbuh yang sesuai dalam menginduksi tunas aksilar Cendana.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut :

1. Apakah penambahan kombinasi konsentrasi BAP dan NAA berpengaruh terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) ?
2. Pada kombinasi konsentrasi BAP dan NAA berapakah yang paling efektif untuk induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) ?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan kombinasi konsentrasi BAP dan NAA terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*).
2. Untuk mengetahui kombinasi konsentrasi BAP dan NAA yang paling efektif untuk induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan kombinasi konsentrasi BAP dan NAA terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*).

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai dasar informasi mengenai induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.) pada media MS yang diberi perlakuan beberapa konsentrasi BAP yang dikombinasikan NAA.
2. Induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.) melalui kultur jaringan diharapkan mampu menyediakan bibit dalam jumlah banyak yang nantinya mampu menyelamatkan dari kepunahan serta dapat memperbaiki kualitas tanaman tersebut.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut :

1. Eksplan yang digunakan adalah batang Cendana (*Santalum album* L.) hasil pembibitan berusia satu tahun.
2. Eksplan berasal dari bagian pembibitan LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) Purwodadi Pasuruan.
3. Media yang digunakan adalah media *Murashige Skoog* (MS).
4. ZPT yang digunakan adalah kombinasi BAP 0; 0,5; 1 dan 2 mg/l serta NAA 0; 0,1; 0,2 dan 0,5 mg/l.
5. Parameter yang diamati adalah : (a) hari munculnya tunas aksilar (b) jumlah tunas aksilar (c) rata-rata panjang tunas aksilar dan (d) rata-rata jumlah daun pada tunas aksilar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Cendana (*Santalum album* Linn) di dalam Prespektif Islam

Tumbuhan merupakan salah satu jenis makhluk hidup yang ada di alam semesta. Pohon juga merupakan jenis tumbuhan yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan manusia karena memiliki banyak manfaat. Allah SWT berfirman dalam surat Ali- Imran (3) ayat 191 :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka (Ali- Imran/ 3: 191)

Menurut tafsir Ibnu Katsir bahwa “ Yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi”. Yang mana mereka berkata “ Ya Rabb kami, tiadalah engkau menciptakan ini dengan sia-sia.” Artinya, Engkau tidak menciptakan semuanya ini dengan sia-sia, tetapi dengan penuh kebenaran, agar Engkau memberikan balasan kepada orang-orang yang beramal buruk terhadap apa-apa yang telah mereka kerjakan dan juga memberikan balasan orang-orang yang beramal baik dengan balasan lebih baik (syurga). Kemudian mereka menyucikan Allah dari perbuatan sia-sia dan penciptaan yang bathil

seraya berkata “Maha suci Engkau.” Yakni dari menciptakan sesuatu yang sia-sia. “Maka peliharalah kami dari siksa neraka.” Maksudnya wahai Rabb yang menciptakan makhluk ini dengan sungguh-sungguh dan adil. Wahai dzat yang jauh dari kekurangan, aib dan kesia-siaan, peliharalah kami dari adzab Neraka dengan daya dan kekuatan Mu. Dan berikanlah taufik kepada kami dalam menjalankan amal shalih yang dapat mengantarkan kami ke Surga serta menyelamatkan kami dari adzab Mu yang sangat pedih (Al- Jazairi, 2007)

Ayat di atas menjelaskan bahwa “ orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berabring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi” berarti orang yang mengingat Allah dalam kondisi apapun. Orang-orang tersebut merupakan orang yang berakal, mampu berfikir dan dapat mempelajari segala yang diciptakan Allah SWT. Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu di alam semesta ini tidak ada yang sia-sia. Segala sesuatu di alam semesta ini mempunyai manfaat. Termasuk diciptakannya pohon Cendana (*Santalum albm L.*) yang memiliki banyak manfaat.

2.1.1 Deskripsi Tanaman

Cendana yang tumbuh di NTT dikenal sebagai pohon asli daerah setempat yang mempunyai nama ilmiah *Santalum album* Linn. Didaerah asalnya pohon cendana dikenal dengan nama *hau meni* atau *ai nitu* (Pulau Timor) dan *sendana* dalam bahasa melayu. Dalam dunia perdagangan cendana dikenal dengan nama sandal wood (Surata, 2006).

Cendana merupakan hasil hutan yang tergolong sangat penting di Propinsi Nusa Tenggara Timur karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan merupakan

species endemik yang terbaik di dunia. Spesies Cendana di NTT mempunyai keunggulan kadar minyak dan produksi kayu teras yang tinggi. Kayu Cendana menghasilkan minyak atsiri dengan aroma yang harum dan banyak digemari, sehingga mempunyai nilai pasar yang cukup baik (Surata, 2006).

Menurut Hamilton (1990) pohon Cendana dari famili Santalaceae yang ada di dunia hanya 29 spesies yang tumbuh secara alami tersebar di Indonesia, Australia, India dan negara-negara kepulauan Pasifik. Akan tetapi yang dieksploitasi hanya 8 spesies karena mempunyai aroma dan kadar minyak. *Santalum album* L. adalah salah satu spesies cendana yang menghasilkan kadar minyak dan volume kayu teras yang terbaik di dunia, sehingga beberapa negara sangat tertarik untuk mengembangkan spesies tersebut (Surata, 2006).

Cendana dalam klasifikasi tidak banyak menimbulkan perbedaan pendapat diantara para ahli botani. Jumlah species di Indonesia hanya satu, yaitu *Santalum album* L. Klasifikasi cendana menurut holmes (1983) adalah sebagai berikut :

Divisia : Spermatophyta
 Sub divisio : Angiospermae
 Klas : Dicotylodoneae
 Sub Classis : Rosidae
 Ordo : Santales
 Famili : Santalaceae
 Genus : *Santalum*
 Species : *Santalum album* L.

Cendana dari spesies *Santalum album* L. menyebar secara alami pada kondisi iklim yang kering. Jenis ini tumbuh pada daerah curah hujan rata-rata 625-1625 mm/tahun, tipe iklim D dan E. Rata-rata temperatur berkisar antara 10° – 35° C pada siang hari. Kelembapan relatif pada musim kemarau 50%-60% (Surata, 2006).

2.1.2 Morfologi Cendana (*Santalum album* L.)

a. Batang

Pohon cendana mempunyai ciri-ciri arsitektur: batang monopodial, arthotropis (mengarah ke atas), pertumbuhan kontinu. Perbuangan di ujung dan atau di ketiak daun. Tanaman Cendana secara morfologi memiliki ciri-ciri seperti berikut pohon kecil sampai sedang, menggugurkan daun, dapat mencapai tinggi 20 meter dan diameter 40 cm, tajuk ramping atau melebar, batang bulat agak bersilangan (Surata, 2006).



Gambar 1. Pohon Induk Cendana (Surata, 2006)

b. Daun

Daun Cendana adalah daun tunggal yang tumbuh berhadapan pada ranting dan letaknya berselingan. Berwarna hijau mengkilap. Daun Cendana gundul, bentuk elip, tepi rata, ujung runcing tetapi kadang-kadang tumpul atau bulat (Sindhu, 2010).



Gambar 2. Daun Cendana (Nita, 2014)

c. Bunga dan Biji

Perbungaan Cendana adalah terminal atau aksiler, racimus articulatus, bunga pedicel 3-5 cm, gundul, tabung perigonium berbentuk campanulatus, panjang 3 mm dan diameter kurang lebih 2 mm, memiliki 4 cuping perigonium, bentuk segitiga, tumpul pada bagian ujung dan kedua permukaan gundul (Sindhu, 2010).

Cendana berbunga dan berbuah pada umur 5 tahun dan berbuah setiap tahun, ada beberapa pohon Cendana yang tidak berbuah setiap tahun karena pengaruh *beineal bearing*. Musim berbunga pada umumnya terjadi pada bulan Mei-Juni dan buah masak pada bulan September-Oktober, sedangkan musim bunga kedua jatuh pada bulan Maret-April (Sindhu, 2010).

Biji Cendana berwarna coklat dan padat, berbentuk bulat, memiliki radikal (calon akar, berwarna kuning kecoklatan dan tidak keriput). Jika warna biji terlalu pucat dan hitam, ada kemungkinan lembaganya sudah mati, sehingga tidak dapat digunakan dalam pembibitan. Dalam 1 kg biji cendana terdapat 5000-6000 butir. Benih cendana termasuk *ortodoks* sehingga bisa disimpan (Surata, 2006).

Benih yang sudah dibersihkan dikeringkan di tempat yang teduh atau dengan alat pengering *benih (seed dryer)* pada suhu 40 °C sampai kadar air

mencapai 5-8%. Selanjutnya benih diberi perlakuan desinfektan untuk menekan adanya jamur dan bakteri. Benih cendana disimpan di dalam kemasan kantong plastik atau botol kedap udara . Benih yang sudah dikemas dimasukkan ke dalam salah satu ruangan penyimpanan (Surata, 2006).



Gambar 3. (a) Bunga (b) Biji (Surata, 2006)

d. Buah

Cendana memiliki buah batu dan bulat, waktu masak daging kulit buah berwarna hitam, mempunyai lapisan eksocarp, mesocarp berdaging, endocarp keras dengan garis dari ujung ke pangka Buah Cendana sebesar kacang polong, garis tengah sekitar 3-8 mm, saat muda berwarna hijau dan apabila masak berwarna hitam keunguan. Kulit buah tipis dan keras dengan tiga jalur dari atas sampai tengah. Buah Cendana letaknya diujung ranting berjumlah 4 – 10 buah. Buah masak ditandai oleh kulit daging buah yang berwarna hitam. Pengunduhan buah jangan sampai terlambat karena buah yang sudah masak akan segera gugur dan buah yang jatuh di tanah suka dimakan tikus. Bentuk buah cendana bulat, diameter 0,5 – 0,8 cm , yang mengandung 1 biji/buah dan termasuk jenis buah ortodoks. (Surata, 2006).

Pengunduhan buah dilakukan dengan cara mengunduh buah yang telah mencapai masak fisiologis (yang ditandai dengan daging kulit buah berwarna hitam), dilakukan dengan memanjat atau menggunakan galah berkait. Dihindarkan pemetikan buah dengan cara memotong dahan sebab dapat mengganggu produksi buah dan pertumbuhan pohon selanjutnya (mengingat kayu cendana adalah pohon yang lambat tumbuh). Ciri-ciri buah yang masih bagus adalah buah yang baru jatuh, mempunyai daging buah berwarna hitam atau kalau sudah hilang daging buahnya bijinya berwarna coklat (Surata, 2006).



Gambar 4. Buah Cendana (Surata, 2006)

e. Akar

Sistem perakaran cendana adalah akar tunjang yang jelas dengan banyaknya akar-akar cabang yang kuat. Akar yang muda mempunyai sedikit rambut akar. Akar cabang bentuknya panjang dan ramping, mempunyai kemampuan menjelajah tanah sejauh 30-40 m dan mencapai inangnya (Araujo, 2011).



Gambar 5. Akar Cendana (Kertabaya, 2014)

2.1.3 Manfaat Cendana (*Santalum album L.*)

Cendana adalah salah satu jenis anggota suku Santalaceae yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, terutama minyaknya. Minyak yang dihasilkan dari kayu Cendana berasal dari bagian kayu keras dan akarnya yang merupakan bahan inti minyak wangi. Minyak Cendana banyak digunakan sebagai zat pengikat (*fixative*) karena mempunyai titik didih yang tinggi dengan baunya yang khas dan tahan lama (Simanjuntak, 2003).

Ahmad (2008) menyebutkan bahwa Cendana mengandung zat helanin dan asam penzotte. Kedua zat tersebut adalah zat-zat disinfektan yang efektif untuk membasmi kuman dan bakteri. Karena itulah kayu ini cukup manjur untuk mengobati amandel, radang uvula, dan radang tekak. Simanjuntak (2003) menyebutkan bahwa minyak Cendana dapat digunakan sebagai pembasmi kuman pada saluran kencing dan merupakan obat untuk sakit kencing nanah. Selain itu, kayunya dapat untuk mengobati nyeri epigastrium (bagian perut di atas pusat), mual, muntah, dan sakit dada.

Kayu cendana dapat diolah menjadi berbagai barang kerajinan. Salah satu industri kecil di Kupang telah menghasilkan barang cinderamata dengan pengelolaan yang sederhana. Selain barang cinderamata, usaha ini juga menghasilkan limbah kayu berupa serpihan-serpihan yang dapat diolah lebih lanjut menjadi produk seperti hio, dupa atau wewangian yang lain (Bagia *et al.*2005). Hermawan (1993) menyebutkan bahwa bahan-bahan sintesis belum mampu menggeser kedudukan cendana dalam industri parfum maupun industri barang ukir-ukiran, kipas, patung dan lain sebagainya.

Timor sebagai penghasil kayu cendana yang berkualitas tinggi (lebih wangi), aroma wangi tersebut berasal dari minyak atsiri yang terkandung dalam kayu terasnya. Minyak atsiri mengandung 80-90% senyawa santalol. Kandungan santalol sangat tergantung pada umur tanaman (Rahayu *et al.* 2002). Teras batang mengandung minyak 4,50-4,75%, sedangkan akar mengandung 5,50-5,70% tetapi kadar santalol teras batang lebih tinggi dari pada teras akar (Hermawan 1993). Daun, akar dan batang cendana memiliki kandungan kimia berupa saponin dan flavanoida. Selain itu pada bagian daun mengandung antraknon, akarnya mengandung polifenol dan batangnya mengandung tanin (Arajuo, 2011).

2.2 Kultur Jaringan

2.2.1 Pengertian Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah teknik perbanyakan tanaman dengan cara memperbanyak jaringan mikro tanaman yang ditumbuhkan secara *in vitro* menjadi tanaman yang sempurna dalam jumlah yang tidak terbatas. Yang menjadi dasar kultur jaringan adalah *totipotensi* sel, yaitu bahwa setiap sel organ tanaman mampu tumbuh menjadi tanaman yang sempurna bila ditempatkan di lingkungan yang sesuai (Yuliarti, 2010).

Keuntungan perbanyakan tanaman dengan menggunakan teknik kultur jaringan adalah: (1) waktu perbanyakan lebih cepat; (2) jumlah benih yang dihasilkan tidak terbatas; (3) jumlah eksplan yang digunakan sedikit; (4) bebas hama dan penyakit; (5) memerlukan lahan sempit; (6) genotip sama dengan induknya (Surachman, 2011). Beberapa keuntungan dari penggunaan teknik

kultur jaringan adalah untuk produksi senyawa metabolit sekunder antara lain: tidak tergantung musim, sistem produksi dapat diatur sesuai kebutuhan, lebih konsisten, dan mengurangi penggunaan lahan (Sutini, 2008).

2.2.2 Prinsip Kultur Jaringan

Beberapa prinsip dasar yang harus diperhatikan dalam melaksanakan teknik kultur jaringan, diantaranya mengetahui totipotensi sel yang dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann yaitu sel mempunyai kemampuan *outonom*, bahkan mempunyai kemampuan totipotensi. Totipotensi adalah kemampuan setiap sel, yang diambil dari suatu tempat dan apabila diletakkan pada tempat yang lain dapat tumbuh menjadi tanaman yang sempurna (Yusnita, 2003).

Memahami konsep Skoog dan Miller yang menyatakan bahwa regenerasi tunas dan akar *in vitro* dikontrol secara hormonal oleh Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) sitokinin dan auksin. *Organogenesis* adalah proses terbentuknya organ seperti tunas atau akar baik secara langsung dari permukaan eksplan atau secara tidak langsung melalui pembentukan kalus terlebih dahulu (Yusnita, 2003).

Memahami sifat kompeten, diferensiasi dan determinasi di mana suatu sel akan dikatakan kompeten apabila sel atau jaringan tersebut mampu memberikan tanggapan terhadap signal lingkungan atau signal secara kultur jaringan serta mampu Memahami tata cara perbanyakan tanaman secara kultur jaringan (Yusnita, 2003).

2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Kultur Jaringan

Menurut Santoso dan Nursandi (2004), ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan kultur jaringan diantaranya genotif dimana pada beberapa jenis tumbuhan embrio mudah tumbuh akan tetapi pada beberapa jenis tumbuhan lain sukar untuk tumbuh. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kultivar dari jaringan yang sama (Santoso dan Nursandi, 2004).

Eksplan berupa sel, jaringan atau organ yang digunakan sebagai bahan inokulum dan ditanam dalam media kultur, bagian yang digunakan sebagai eksplan adalah sel yang aktif membelah, dari tanaman induk sehat dan berkualitas tinggi. Ukuran eksplan kecil ketahanan eksplan kurang baik dan bila eksplan terlalu besar, akan mudah terkontaminasi (Santoso dan Nursandi, 2004).

Komposisi media juga mempengaruhi keberhasilan dalam kultur jaringan, karena media sebagai sumber makanan harus mengandung senyawa organik dan anorganik, seperti nutrisi makro dan mikro dalam kadar dan perbandingan tertentu, gula, air, asam amino, vitamin, dan ZPT. Faktor penting lainnya yang tidak boleh diabaikan adalah ion amonium dan potasium (Santoso dan Nursandi, 2004).

Oksigen dan cahaya juga merupakan dua faktor yang mempengaruhi berhasil tidaknya kultur jaringan. Suplai oksigen yang cukup sangat menentukan laju multiplikasi tunas dalam usaha perbanyakkan secara *in vitro*. Selain itu intensitas cahaya yang rendah dapat mempertinggi embriogenesis dan organogenesis. Intensitas cahaya optimum pada kultur 0-1000 lux (inisiasi), 1000-10000 (multiplikasi), 10000-30000 (pengakaran) dan <30000 untuk aklimatisasi.

Perkembangan embrio membutuhkan tempat gelap kira-kira selama 7-14 hari. Baru dipindahkan ke tempat terang untuk pembentukam klorofil (Santoso dan Nursandi, 2004).

Tumbuhan juga membutuhkan temeparatur yang optimum. Secara normal temperatur yang digunakan adalah antara 22⁰C-28⁰C. Sel-sel yang dikembangkan dengan kultur jaringan memiliki toleransi pH yang relatif sempit dan tidak normal antara 5-6. Apabila eksplan sudah tumbuh biasanya pH media umumnya akan naik (Santoso dan Nursandi, 2004).

Kondisi lingkungan sangat menentukan terhadap tingkat keberhasilan pembiakan tanaman dengan kultur jaringan. Kondisi lingkungan yang harus dibentuk adalah lingkuan yang aseptis. Lingkungan aseptis akan menurunkan tingkat kontaminan pada eksplan sehingga meningkatkan keberhasilan dalam proses kultur jaringan (Santoso dan Nursandi, 2004).

2.2.4 Masalah dalam Kultur Jaringan

Pada kegiatan kultur jaringan, tidak sedikit masalah dapat terjadi sebagai penyebab kegagalan. Kontaminasi adalah gangguan yang sering terjadi pada kultur. Kontaminasi dapat dilihat dari jenis kontaminan, seperti bakteri, jamur, dan virus. Selain itu dapat berdasarkan waktunya yaitu hitungan jam, hitungan hari, dan minggu, serta berdasarkan sumber kontaminan dari media atau eksplan (Mariska dan Sukmadjaja, 2003).

Browning atau pencoklatan adalah karakter yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan eksplan (hitam atau coklat). Terjadi perubahan

aditif eksplan disebabkan pengaruh fisik maupun biokimia (memar, luka, atau serangan penyakit) (Mariska dan Sukmadjaja, 2003).

Vitrifikasi umumnya terjadi akibat kegagalan pada proses pembentukan daging sel dan hambatan pada proses pembentukan lignin. Hal ini dapat diatasi dengan cara menaikkan sukrosa, menambah pektin, memindahkan eksplan pada suhu 40⁰C selama 15 hari (Mariska dan Sukmadjaja, 2003).

Kendala yang sering ditemukan sebagai penghambat antara lain, adanya mutasi pada bibit yang dihasilkan sehingga berbeda dengan induknya, keberhasilan induksi perakaran dari tunas yang telah dibentuk secara *in vitro* sedikit, aklimatisasi sering gagal, tingkat keanekaragamannya di setiap generasi turun terutama apabila sering dilakukan subkultur (Mariska dan Sukmadjaja, 2003).

2.3 Media Kultur Jaringan

Media merupakan faktor utama dalam perbanyakan dengan kultur jaringan. Media adalah tempat bagi jaringan untuk tumbuh dan mengambil nutrisi yang mendukung kehidupan jaringan. Media tumbuh menyediakan berbagai bahan yang diperlukan untuk hidup dan memperbanyak dirinya (Nugrahani, 2011).

Media yang digunakan biasanya terdiri dari unsur hara makro dan mikro dalam bentuk garam mineral, vitamin, dan zat pengatur tumbuh (hormon). Selain itu diperlukan juga bahan tambahan seperti gula, agar, arang aktif, bahan organik lain lain (air kelapa, bubur pisang, ekstrak buah, ekstrak kecambah). Media yang sudah jadi ditempatkan pada tabung reaksi atau botol kaca dan disterilisasi.

Komposisi media yang digunakan tergantung dari tujuan dan jenis tanaman yang dikulturkan (Nugrahani, 2011).

Media kultur jaringan pada awalnya memiliki komposisi yang didasarkan pada bahan yang digunakan untuk kegiatan *hydroponic* yang berkembang sebelumnya. Biasanya dalam kultur jaringan unsur hara diberikan dalam kultur jaringan unsur hara diberikan dalam bentuk garam organik. Pada perkembangan selanjutnya para peneliti mulai menambahkan vitamin, senyawa kompleks, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) (Santoso, 2004).

Menurut Hendaryono dan Wijayanti (1994), dalam kultur jaringan ada beberapa jenis media diantaranya Media dasar B5 (Gamborg) untuk subkultur suspensi sel kedelai dan alfalfa, medium dasar White biasanya digunakan untuk kultur akar, medium VW biasanya digunakan khusus untuk media anggrek, media WPM biasanya digunakan untuk tanaman berkayu dan medium MS adalah media yang paling umum dan banyak digunakan.

2.3.1 Kandungan Media Kultur Jaringan

Media merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan kultur. Media kultur harus mengandung komponen yang diperlukan untuk pertumbuhan eksplan. Medium hara untuk kultur jaringan tanaman mengandung 5 kelompok senyawa (Gamborg, 1991).

Kelompok senyawa pertama adalah garam anorganik. Kadar kalium dan nitrat masing-masing sekurang-kurangnya 20-25 mM. Amonium mungkin diperlukan juga, walaupun jumlah di atas 8mM dapat membahayakan. Kebutuhan untuk natrium atau klorida tidak nyata. Kadar fosfat, sulfat dan magnesium 1-3 mM

sudah mencukupi. Hara mikro yang dianjurkan adalah iodida, asam borat, dan garam mangan, seng, molibdenum, tembaga, kobalt dan besi (Gamborg, 1991).

Kelompok senyawa kedua adalah sumber Karbon . Sukrosa atau glukosa 2-4% merupakan sumber karbon yang paling cocok. Berbagai asam organik digunakan bersama amonium yang juga mempercepat pertumbuhan sel yang dikultivasi pada rapatan rendah (Gamborg, 1991).

Kelompok senyawa ketiga adalah vitamin. Tiamin merupakan satu-satunya vitamin yang penting. Piridoksin, asam nikotinat dan mio-inositol seringkali dapat meningkatkan pertumbuhan sel. Vitamin lainnya mungkin amat bermanfaat untuk kultur sel tunggal pada rapatan rendah (Gamborg, 1991).

Kelompok senyawa keempat adalah pengatur tumbuh. Pengatur tumbuh dibutuhkan untuk menginduksi pembelahan sel. Senyawa yang paling sering digunakan adalah asam 2,4-diklorofenoksiasetat (2,4-D) dan asam naftalenasetat (NAA). Senyawa ini digunakan pada kadar 0,1-50 μM . Asam indolasetat menginduksi pembelahan sel, tetapi senyawa ini tidak stabil dan dapat diuraikan oleh enzim yang dibebaskan oleh sel. Asam indolbutirat juga merupakan auksin yang ampuh untuk kultur jaringan. Baik 2,4-D maupun NAA amat lambat diuraikan oleh tumbuhan dan stabil pada pemanasan dengan autoklaf. Sitokinin seperti kinetin atau benziladenin (0,1-10 μM) kadang-kadang dibutuhkan bersama 2,4-D atau NAA untuk mendapatkan pembentukan kalus yang baik (Gamborg, 1991).

Kelompok senyawa kelima adalah pelengkap organik. Misalnya hidrolisat protein, ekstrak ragi, ekstrak tetes dan air kelapa (endosperm cair). Ekstrak ini

dapat memasok pelbagai senyawa yang dapat merangsang laju pertumbuhan sel, walaupun umumnya sel dapat tumbuh baik dalam medium tanpa pelengkap ini apabila kadar garam cukup tinggi dan metabolit ditambahkan seperti tertera di atas.

2.3.2 Media MS

Media MS (Murashige dan Skoog) adalah media yang umum dan paling banyak digunakan dalam kultur jaringan terutama untuk jenis tanaman herbaceous. Media MS merupakan perbaikan dari media Skoog pada komposisi garam organiknya. Media MS memiliki kandungan N dalam jumlah tinggi dalam bentuk nitrit dibandingkan jenis media lainnya (Gunawan, 1992).

Media MS merupakan media yang memiliki kandungan unsur hara lengkap dan diperkaya oleh vitamin dan hormon. Umumnya digunakan untuk berbagai tujuan kultur, sehingga dikembangkan media lain berdasarkan media MS tersebut. Media tersebut antara lain media Lin & Staba, menggunakan $\frac{1}{2}$ komposisi unsur makro MS, dan dimodifikasi 9 mM ammonium nitrat yang seharusnya 10 mM, sedangkan KH_2PO_4 dikurangi menjadi 0,5 mM, tidak 0,0625 mM. Namun untuk berbagai jenis tanaman biasanya media ini tetap digunakan sebagai media dasar berbeda adalah kombinasi maupun konsentrasi dari media tersebut (Gunawan, 1992).

Media MS mengandung 40 mM N dalam bentuk NO_3 dan 29 mM N dalam bentuk NH_4^+ . Kandungan N ini, lima kali lebih tinggi dari N total yang terdapat pada media Miller, 15 kali lebih tinggi dari media tembakau Holdebrant, dan 19 kali media lebih tinggi dari media White. Kalium juga ditingkatkan sampai

20 mM, sedangkan P, 1,25 mM. unsur makro lain konsentrasinya dinaikkan sedikit. Pertama kali unsur makro dalam media MS dibuat untuk kultur kalus tembakau, tetapi komposisi MS ini sudah umum digunakan untuk kultur jaringan jenis tanaman lain (Erwin, 2009).

Tingkat keasaman (pH) media berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dalam kultur *in vitro*. Tingkat keasaman media perlu diatur untuk menjaga agar fungsi membran sel dan sitoplasma tidak terganggu (Gunawan, 1992). Senyawa yang paling sering digunakan dalam pengaturan pH adalah NaOH dan HCL. Penambahan NaOH dan HCL dilakukan setelah semua larutan stok dan gula tercampur dan sebelum penambahan agar-agar. PH media yang terlalu rendah(kurang dari 4,5) dan terlalu tinggi (lebih dari 7) dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kultur abnormal (Pierik, 1987).

Menurut Gunawan (1988) bahan pematat yang sering digunakan adalah agar-agar. Hal ini dikarenakan agar-agar akan membeku pada temperatur $\leq 45^{\circ}\text{C}$ dan mencair pada temperatur 100°C sehingga dalam temperatur kultur agar akan tetap dalam kondisi membeku yang stabil.

2.4 Zat Pengatur Tumbuh

2.4.1 Definisi

Zat pengatur tumbuh (ZPT) pada tanaman adalah senyawa organik yang bukan termasuk unsur hara (nutrisi), yang dalam jumlah sedikit dapat mendukung (*promote*), menghambat (*inhibit*), dan dapat merubah proses fisiologi tumbuhan. Zat pengatur tumbuh pada tanaman terdiri dari lima kelompok, yaitu auksin, giberellin, sitokinin, etilen, dan inhibitor dengan ciri khas dan berpengaruh yang

berlainan terhadap proses fisiologis. Pada kultur kalus zat pengatur tumbuh yang biasanya dipakai adalah dari golongan auksin dan sitokinin (Abidin, 1983).

2.4.2 Macam-macam ZPT

Zat pengatur tumbuh diperlukan untuk mengatur diferensiasi tanaman. Ada beberapa zat pengatur tumbuh yang biasa dipergunakan dalam kultur jaringan diantaranya golongan auksin meliputi IAA, NAA, IBA, 2,4-D ; golongan cytokinin meliputi Kinetin, BAP/BA, 2 i-p, zeatin, thidiazuron, PBA; golongan giberellin seperti GA3 (Nugrahani, 2011).

Pada umumnya, hormon yang banyak dipergunakan adalah golongan auksin dan sitokinin Perbandingan komposisi antara kedua hormon tersebut akan menentukan perkembangan tanaman. Jika dosis auksin lebih tinggi dari cytokinin akan memicu perkembangan akar, sedangkan ketika dosis cytokinin lebih tinggi dari auksin maka akan memicu perkembangan tunas serta ketika dosis auksin seimbang dengan cytokinin maka akan memicu pertumbuhan kalus (Wattimena, 1998).

2.4.3 Penggunaan BAP pada Kultur Jaringan Tumbuhan

Sitokinin merupakan kelompok hormon tumbuhan. Dari segi kimia masing-masing mengandung purin adenin yang merupakan bagian dari rumus bangunnya (Kimball,1994). Fungsi utama sitokinin adalah memacu pembelahan sel. Sitokinin berperan dalam merangsang pertumbuhan tunas samping (lateral), meningkatkan klorofil daun serta memperlambat proses penuaan (senescence) pada daun, buah dan organ-organ lainnya (Wattimena, 1988).Sitokinin sintetik

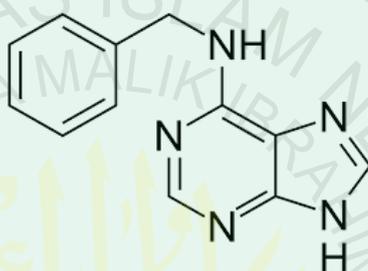
yang umum digunakan dalam kultur jaringan, salah satunya adalah (Santoso dan Nursadi, 2004).

Peran sitokinin dalam pembelahan sel meliputi dua tahapan, yang pertama, di sitokinin dalam siklus sel memiliki peranan penting yaitu pemacuan sitokinesis. Sitokinin mendorong pembelahan sel dengan cara meningkatkan peralihan G_2 ke mitosis dan dalam hal ini sitokinin juga meningkatkan laju sintesis protein. Beberapa protein itu adalah protein pembangun atau enzim yang dibutuhkan untuk mitosis. Sitokinin juga memperpendek fase S yaitu dengan cara mengaktifkan DNA, sehingga ukuran salinan DNA menjadi dua kali lebih besar kemudian laju sintesis DNA digandakan (Wijayani, 2007).

Kedua, Sitokinin dapat mempengaruhi gen KNOX (Knotted Like Homeobox). Gen KNOX mengkode suatu protein yang berfungsi memacu pertumbuhan dan pemeliharaan meristem ujung batang supaya sel-selnya selalu bersifat meristematik (Wijayani, 2007).

Bentuk dasar dari sitokinin adalah adenin (*6-amino purin*). Adenin merupakan bentuk dasar yang menentukan terhadap aktifitas sitokinin. Di dalam senyawa sitokinin, panjang rantai dan hadirnya suatu *double bond* dalam rantai tersebut akan meningkatkan aktifitas zat pengatur tumbuh. NH_2-NH Adenine (*6-amino purine*). Sitokinin memiliki rantai samping yang kaya akan karbon dan hidrogen, menempel pada nitrogen yang menonjol dari puncak cincin purin. ZPT yang tergolong dalam sitokinin adalah BAP dan BA. BAP memiliki rumus bangun $C_{12}H_{11}N_5$ dan titik lebur $230-233^\circ C$ (Santoso dan Nursadi, 2004).

6-Benzyl amino purine (BAP) merupakan sitokinin sintesis yang memiliki berat molekul sebesar 225.26 (Alitalia, 2008). Wattimena (1988) menambahkan bahwa BAP merupakan turunan adenin yang disubstitusi pada posisi 6 yang strukturnya serupa dengan kinetin. Struktur kimia 6- Benzil amino purin dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 5. Struktur molekul BAP (Wuzhouchem, 2016)

BAP adalah sitokinin yang sering digunakan karena paling efektif untuk merangsang pembentukan tunas, lebih stabil dan tahan terhadap oksidasi serta paling murah diantara sitokinin lainnya. BAP (*6-Benzyl Amino Purine*) merupakan golongan sitokinin sintetik yang paling sering digunakan dalam perbanyakan tanaman secara kultur *in vitro*. Hal ini karena BAP mempunyai efektifitas yang cukup tinggi untuk perbanyakan, mudah didapat dan relatif lebih murah dibandingkan dengan kinetin (Yusnita, 2003).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa BAP memiliki potensi untuk menginduksi tunas. Pada penelitian induksi *in vitro* tanaman Gaharu (*Aquilaria microcarpa* baill.) dari eksplan tunas aksilar dengan penambahan 6-benzylaminopurine (BAP) Wahyuni dkk (2014) menunjukkan waktu muncul tunas tercepat diperoleh pada perlakuan pemberian 0,4 mg/l BAP yaitu pada minggu ketiga dan konsentrasi BAP optimal yang mampu memicu pembentukan

tunas terbanyak adalah pada pemberian 0,4 mg/l BAP sebanyak 3 tunas dengan persentase pembentukan tunas sebesar 33,33%.

2.4.4 Penggunaan NAA pada Kultur Jaringan Tumbuhan

Auksin banyak digunakan secara luas pada kultur jaringan dalam merangsang pertumbuhan kalus, suspensi sel dan organ (Gunawan, 1987). Fungsi utama auksin adalah untuk merangsang pemanjangan sel-sel di dalam tunas-tunas muda yang sedang berkembang. Meristem apikal dari suatu tunas adalah tempat utama sintesis auksin (Campbell dan Reece, 2002).

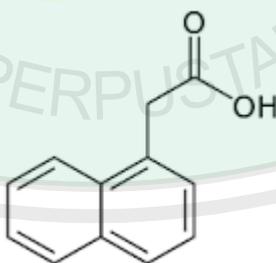
Auksin mempengaruhi pemanjangan suatu sel dengan cara mengaktifkan beberapa enzim yang dapat menurunkan pH pada dinding sel. Enzim tersebut bekerja memutuskan ikatan polisakarida dinding sel dan pertumbuhan yang cepat. Respon auksin terutama pada bagian epidermis. Auksin mengaktifkan gen di epidermis dengan cara mengembangkan dinding epidermis kemudian sel epidermis memanjang lebih cepat, dan pemanjangan ini menyebabkan sel subepidermis yang menempel padanya juga memanjang (Salisbury dan Ross, 1995).

Penambahan NAA pada media menyebabkan sel-sel kalus aktif dalam pembelahan sel, pembesaran sel, menaikkan tekanan osmotik dan meningkatkan sintesis protein. Penambahan auksin yang lebih stabil misalnya NAA cenderung menyebabkan terjadinya pertumbuhan kalus dari eksplan. Mekanisme kerja auksin salah satunya adalah mempengaruhi perpanjangan sel. Auksin mendorong elongasi pada koleoptil dan ruas-ruas tanaman. Elongasi sel terutama terjadi pada

arah vertikal dan diikuti dengan pembesaran sel dan peningkatan bobot basah (Wattimena, 1988).

Bentuk-bentuk auksin yang biasa ditambahkan ke dalam media kultur adalah 2,4-D (2,4 Diclorphenoxy Asetic Acid) dan IAA (Indole-3-Acetic Acid). Auksin yang secara alami terdapat dalam tumbuhan adalah IAA. Menurut Wattimena (1988), setelah ditemukan IAA sebagai salah satu fitohormon yang penting, maka disintesis senyawa-senyawa serupa dan diuji keaktifan biologis dari senyawa-senyawa tersebut. Asam naftalena asetat (NAA) dan 2,4-D merupakan senyawa tanpa ciri indol tapi mempunyai aktivitas biologis seperti IAA.

NAA memiliki sifat kimia lebih stabil dibanding IAA dan tidak mudah teroksidasi oleh enzim (Zaer da Mapes, 1985). Anwar (2007) menambahkan bahwa NAA merupakan IAA sintetik yang sering digunakan karena memiliki sifat yang lebih tahan, tidak terdegradasi dan lebih murah. NAA memiliki berat molekul 186.21 dengan rumus molekul $C_{12}H_{10}O_2$.



Gambar 6. Struktur molekul NAA (Wuzhouchem, 2016)

2.4.5 Kombinasi Auksin dan Sitokinin

Pada proses pembentukan organ seperti tunas atau akar ada interaksi antara zat pengatur tumbuh eksogen yang ditambahkan ke dalam media dengan zat pengatur tumbuh endogen di dalam sel, sehingga menjadi “faktor pemicu”

dalam proses tumbuh dan perkembangan jaringan. Untuk memacu pembentukan tunas dapat dilakukan dengan memanipulasi dosis auksin dan sitokinin eksogen.

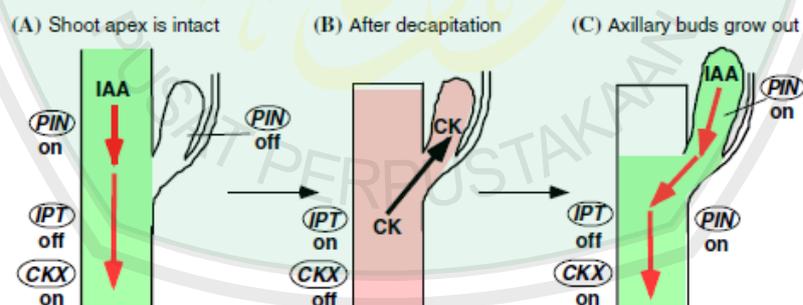
Kombinasi antara sitokinin dan auksin dapat memacu morfogenesis dalam pembentukan tunas (Flick dkk, 1993). Penggunaan sitokinin dan auksin dalam satu media dapat memacu proliferasi tunas karena adanya pengaruh sinergisme antara zat pengatur tumbuh tersebut (Davies, 1995).

Penggunaan sitokinin mempunyai peranan penting jika bersamaan dengan auksin yaitu merangsang pembelahan sel dalam jaringan yang dibuat eksplan serta merangsang pertumbuhan tunas dan daun (Wetherell 1982 dalam Yuswindasari 2010). Zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi kedua ZPT tersebut bekerja secara berinteraksi dalam mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Sitokinin merangsang pembelahan sel tanaman dan berinteraksi dengan auksin dalam menentukan arah diferensiasi sel. Apabila perbandingan konsentrasi sitokinin lebih besar dari auksin, maka pertumbuhan tunas dan daun akan terstimulasi. Sebaliknya apabila sitokinin lebih rendah dari auksin, maka mengakibatkan menstimulasi pada pertumbuhan akar. Apabila perbandingan sitokinin dan auksin berimbang, maka pertumbuhan tunas, daun, dan akar akan berimbang pula (Karjadi dan Buchory, 2007).

Penggunaan ZPT BAP dan NAA pada penelitian sebelumnya telah mampu menginduksi munculnya tunas dimana interaksi BAP 1 ppm dan NAA 0.5 ppm terbukti mampu menghasilkan tunas terbanyak (1.6 tunas per eksplan) pada 2 MST, pada kantong semar (*Nepenthes mirabilis*) secara in vitro (Alitalia,

2008). Sedangkan pada tanaman cendana sendiri interaksi antara BAP 1 mg/l dan NAA 0,1 mg/l menunjukkan hasil induksi mencapai 78,38% (Herawan, 2012).

Pada tanaman yang lengkap, auksin mengalir menuju basipetal dari tunas apikal yang menekan ekspresi PsIPT (gen pola ekspresi sitokinin) dan mempertahankan ekspresi PsPIN1 (gen pola ekspresi auksin) pada batang. Akibatnya, tunas aksilar tidak dapat tumbuh. Namun, ketika tunas apikal dipotong, level auksin pada batang menurun dan membebaskan ekspresi IPT. CK kemudian disintesis dalam batang dan mengalirkannya pada tunas aksilar yang pertumbuhannya terhenti untuk memulai meneruskan pertumbuhannya. Setelah tunas aksilar tumbuh, akan disintesis IAA yang diambil dari tunas yang baru dan dialirkan menuju batang, dimana dia akan menekan ekspresi IPT dan menginduksi CKX untuk mengurangi level CK pada batang (Sato, 2009).



Gambar 7. Interaksi antara Auksin dan Sitokinin (Sato, 2009)

Interaksi auksin dan sitokinin terbawa dalam pengaruh pertumbuhan tunas apikal, yang mana akan menghambat tumbuhnya tunas aksilar. Pada kacang, dijelaskan bahwa auksin mengalir menuju daerah basipetal, yang dimediasi oleh

PsPINs dari tunas apikal yang akan menekan ekspresi PsIPT, dimana itu adalah gen dalam biosintesis sitokinin. Akibatnya, terjadi pengurangan level dari sitokinin dan meningkatkan dominansi apikal sehingga menghambat tumbuhnya tunas aksilar (Zhang, 2011).

Dominansi apikal merupakan akibat dari transpor auksin ke bawah yang dibuat di maristem apikal. Sebenarnya, jika maristem apikal dibuang dan potongan agar berisi auksin ditempelkan pada tunggul, hambatan terhadap kuncup-kuncup lateral tetap ada. Potongan agar tanpa auksin tidak mempunyai pengaruh seperti itu (Kimball, 1994).

Sitokinin, auksin, dan faktor-faktor lain berinteraksi dalam kontrol dominansi apikal, yaitu kemampuan kuncup apikal untuk menekan perkembangan kuncup aksilaris. Hingga kini hipotesis utama yang menjelaskan regulasi hormon dari dominansi apikal menyatakan bahwa auksin dan sitokinin bekerja secara antagonis dalam meregulasi pertumbuhan kuncup aksilaris. Menurut pandangan ini, auksin yang ditranspor menuruni tunas dari kuncup apikal menghambat pertumbuhan kuncup aksilaris secara langsung, menyebabkan tunas memanjang namun percabangan lateral tidak terjadi.

Sementara itu sitokinin memasuki sistem tunas dari akar melawan kerja auksin dengan memberi sinyal kepada kuncup aksilar agar mulai tumbuh. Dengan demikian rasio auksin dan sitokinin dipandang sebagai faktor kritis dalam mengontrol penghambatan kuncup aksilaris (Campbell dan Reece, 2008).

Metode kultur jaringan tanaman diharapkan mampu mengatasi masalah kepunahan dengan penyediaan bibit secara masal dalam waktu yang singkat,

seperti yang terjadi pada tanaman Cendana (*Santalum album* L.). Mengingat kondisi Cendana yang telah masuk dalam kategori rawan (*vulnerable*) oleh *IUCN*. Keberhasilan dari metode kultur jaringan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Satu diantaranya adalah penambahan zat pengatur tumbuh ke dalam media berupa sitokin dan auxin yang dalam hal ini digunakan BAP dan NAA.

Penerapan metode kultur jaringan merupakan suatu solusi untuk dapat menanggulangi kepunahan suatu spesies tanaman di alam. Dalam hal ini yang paling berperan adalah peneliti sebagai makhluk yang telah dikarunia akal. Allah SWT menciptakan manusia di muka bumi agar manusia dapat menjadi khalifah, yang dimaksud dengan khalifah ialah bahwa manusia diciptakan untuk menjadi penguasa yang mengatur apa-apa yang ada di bumi, seperti tumbuhan, hewan, hutan, air, sungai, gunung, laut dan lain sebagainya yang seyogyanya manusia harus mampu memanfaatkan segala apa yang ada di bumi untuk kemaslahatannya. Sehingga metode kultur jaringan merupakan suatu upaya untuk menjaga kelestarian alam yang memang sudah kewajiban manusia sebagai khalifah di muka bumi ini.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016.

3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan, yaitu konsentrasi BAP dan NAA. Masing-masing kombinasi perlakuan tiga ulangan.

Faktor 1 : Konsentrasi BAP

- a. B0 : 0 mg/L
- b. B1 : 0,5 mg/L
- c. B2 : 1 mg/L
- d. B3 : 2 mg/L

Faktor 2 : Konsentrasi NAA

- a. N1 : 0 mg/L
- b. N2 : 0,1 mg/L
- c. N3 : 0,25 mg/L
- d. N4 : 0,5 mg/L

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan

Konsentrasi NAA mg/L	Konsentrasi BAP mg/L			
	0	0,5	1	2
0	B0N0	B1N0	B2N0	B3N0
0,1	B0N1	B1N1	B2N1	B3N1
0,25	B0N2	B1N2	B2N2	B3N2
0,5	B0N3	B1N3	B2N3	B3N3

Keterangan : Kontrol adalah perlakuan tanpa BAP dan NAA

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, erlenmeyer, cawan petri, batang pengaduk, botol kultur, alat-alat diseksi (scalpel, pinset, gunting), LAF (*Laminar Air Flow*), timbangan analitik, oven, autoklaf, lampu bunsen, penyemprot alkohol (*sprayer*), pH meter (indikator pH), lemari pendingin, rak kultur, AC (*Air Conditioner*), lampu, *hot plate and magnetik stirrer*, rak kultur, tisu, aluminium foil, plastik wrap, kertas label, karet, plastik, kompor, dan panci pemanas.

3.3.2 Bahan-bahan

Bahan utama yang digunakan adalah batang hasil seedling usia 1 tahun Cendana (*Santalum album*) sebagai eksplan yang akan ditanam pada media. Bahan untuk sterilisasi adalah bakterisida 1 g/l, fungisida, detergent, aquades steril, ethanol teknis 70, HgCl dan clorox serta alat-alat diseksi. Bahan media

yang digunakan adalah Media MS (Murashige & Skoog), agar-agar 7%, dan gula. Zat pengatur tumbuh (ZPT) yang digunakan adalah BAP yang dikombinasikan dengan NAA.

3.4 Langkah Kerja

3.4.1 Tahap Persiapan

1. Sterilisasi Ruang Tanam

Langkah kerja dalam sterilisasi ruang tanam adalah sebagai berikut:

1. Lantai pada ruang tanam dipel dengan karbol yang telah dicampur dengan air.
2. Lantai dipel dengan karbol murni.
3. Meja LAF (*Laminar Air Flow*) dibersihkan dengan alkohol 70%, kemudian dinyalakan sinar UV selama 1 jam.
4. Saat akan digunakan lampu UV dimatikan, lampu neon dan kipas dinyalakan

2. Sterilisasi Alat

Langkah kerja dalam sterilisasi alat adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat *disecting set* (scalpel, pinset, gunting), alat-alat gelas dan botol kultur dicuci dengan detergen cair dan dibilas dengan air bersih.
2. Alat-alat *disecting set*, alat-alat gelas dan botol kultur direndam di dalam tipol selama 1 x 24 jam.
3. Alat-alat *disecting set*, alat-alat gelas dan botol kultur dibilas dengan air bersih.

4. Alat-alat *disecting set*, alat-alat gelas dan botol kultur dikeringanginkan dengan oven selama 2 jam dengan suhu 120°C
5. Alat-alat *disecting set* dibungkus dengan aluminium foil kemudian dalam plastik tahan panas. Sedangkan alat-alat gelas ditutup dengan plastik tahan panas dan cawan petri dibungkus dengan kertas. Selanjutnya disterilkan dalam autoklaf dengan suhu 121°C selama 2 jam.

3. Pembuatan Stok Hormon

Pembuatan larutan stok bertujuan untuk memudahkan dalam pembuatan media. Langkah kerja dalam pembuatan larutan stok hormon dengan konsentrasi 100 ppm dalam 100 ml aquades adalah sebagai berikut:

1. Serbuk BAP ditimbang sebanyak 10 mg
2. Ditambahkan aquades sebanyak 100 ml.
3. Dihomogenkan sampai larutan tercampur merata.
4. Digunakan rumus $M1.V1=M2.V2$ untuk pengambilan larutan dari stok (sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan, yaitu 0,5 mg/L, 1 mg/L, dan 2 mg/L). Misalkan dalam pembuatan media 62,5 ml, ZPT dengan konsentrasi 1 mg/l maka yang ditambahkan adalah sebanyak:

$$M1.V1=M2.V2$$

$$100 . X= 1. 62,5$$

$$X = 62,5/100$$

$$X = 0,625 \text{ ml}$$

5. Pembuatan larutan stok hormon BAP di atas berlaku juga untuk pembuatan stok hormon NAA yang disesuaikan dengan konsentrasi yang dibutuhkan.

4. Pembuatan Media Dasar

Langkah kerja dalam pembuatan media sebanyak 1 liter adalah sebagai berikut:

1. Media Murasighe & Skoog (MS) ditimbang sebanyak 4,43 gram, gula sebanyak 30 gram, dan agar sebanyak 7 gram.
2. Bahan-bahan seperti media MS, gula, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) kemudian dihomogenkan dengan stirer di atas hot plate.
3. Setelah homogen, diukur pH media sebesar 5,8 dengan indikator pH. Jika pH kurang 5,8 maka ditambahkan larutan NaOH 0,1 N dan jika lebih 5,8 maka ditambahkan HCl 0,1 N.
4. Ditambahkan agar sebanyak 7 gram.
5. Media dipanaskan dan diaduk hingga mendidih.
6. Media yang telah masak, dimasukkan ke dalam botol kultur ukuran kecil masing-masing sebanyak 12,5 ml.
7. Botol kultur yang berisi media ditutup dengan plastik dan diikat dengan karet.

5. Sterilisasi Media

Media kultur yang telah dibuat, kemudian disterilkan dengan cara diautoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1,5 atm selama 15 menit.

3.4.2 Tahap Pelaksanaan

1. Sterilisasi Eksplan Cendana (*Santalum album*)

Langkah kerja dalam sterilisasi eksplan Cendana adalah sebagai berikut:

1. Dicuci eksplan dengan air mengalir
2. Direndam larutan bakterisida selama 15 menit
3. Direndam larutan fungisida selama 1 jam
4. Dibilas dengan air mengalir
5. Dimasukkan dalam LAF dan direndam larutan alkohol 70% selama 1 menit
6. Direndam HgCl 1% selama 2 menit
7. Dilakukan sterilisasi bertingkat menggunakan clorox 30%, 20% dan 10% masing-masing selama 3 menit
8. Dibilas dengan aquades sebanyak 3 kali

2. Penanaman (Inisiasi)

Penanaman (inisiasi) eksplan dilakukan di dalam LAF (*Laminar Air Flow*). Adapun langkah kerja dalam pelaksanaan penanaman (inisiasi) adalah sebagai berikut:

1. Tangan disemprot dengan alkohol 70% di luar *Laminar Air Flow* (LAF) dibersihkan dengan tisu dan alkohol 70%..
2. Alat- alat seperti pinset, scalpel, gunting yang diperlukan dalam kultur dicelupkan dalam alkohol 96% dan dibakar dengan api bunsen.
3. Setelah itu diletakkan di atas tutup kotak *stainless steel* (dimasukkan ke dalam aquades steril) dan dibiarkan dingin.

4. Anggota tubuh yang masuk dalam LAF disemprot dengan alkohol 70%.
5. Eksplan yang ditanam dalam media kultur adalah eksplan yang mengandung satu nodus. Nodus yang digunakan adalah nodus ke dua dan ke tiga dengan panjang 2 cm. Berikut adalah gambar eksplan.



Gambar 3.1 Ekplan Cendana

6. Eksplan ditanam dalam media perlakuan dengan menggunakan pinset atau scalpel.
7. Botol kultur yang telah dinisiasi eksplan ditutup dengan plastik wrap, plastik tahan panas dan diikat dengan karet.
8. Botol-botol yang telah ditanami eksplan diinkubasi dalam ruang kultur pada suhu 23⁰C serta diamati setiap hari selama 1 bulan. Keadaan ruang kultur harus steril.

3.5 Pengamatan

3.5.1 Pengamatan Pertumbuhan

Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap hari setelah penanaman. Untuk mengamati hari tumbuhnya kalus pertama dan kontaminasi.

1. Hari munculnya tunas aksilar dihitung dari hari setelah tanam (HST) yang ditandai dengan munculnya tonjolan berwarna kehijauan pada ketiak daun.

2. Pengamatan kontaminasi dilakukan dengan mengamati secara langsung dengan melihat ada atau tidaknya ciri-ciri umum koloni mikroorganisme (jamur ataupun bakteri).

3.5.2 Pengamatan Akhir

Pengamatan akhir dilakukan di akhir hari pengamatan (minggu ke 4). Parameter pengamatan meliputi (a) jumlah tunas aksilar (b) rata-rata panjang tunas aksilar dan (c) rata-rata jumlah daun pada tunas aksilar.

3.6 Teknik Analisis Data

Data pengamatan berupa data kuantitatif (hari munculnya tunas aksilar, jumlah tunas aksilar, rata-rata panjang tunas aksilar dan rata-rata jumlah daun pada tunas aksilar). Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan, dilakukan analisa *Analysis of Varian* (ANOVA) dua jalur menggunakan SPSS 16,0. Apabila terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui konsentrasi ZPT yang terbaik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman dalam kultur jaringan tidak hanya dipengaruhi oleh hormon endogen yang ada di dalam sel, tetapi juga hormon eksogen yang ditambahkan dalam media. Penelitian tentang induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.) dilakukan dengan menambahkan berbagai macam kombinasi konsentrasi hormon eksogen dari jenis BAP dan NAA. Kombinasi konsentrasi BAP dan NAA yang digunakan sebanyak 16 perlakuan dengan 3 kali ulangan dan lama pengamatan selama satu bulan.

4.1 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap Hari Muncul Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album* L.) secara *In Vitro*

Tunas merupakan ranting muda yang baru tumbuh atau calon tanaman baru yang tumbuh dari bagian tanaman (Rahardja dan Wiryanta, 2003). Saat munculnya tunas ditandai dengan adanya tonjolan berwarna kehijauan pada ketiak daun. Terbentuknya tunas dipengaruhi oleh interaksi antara zat pengatur tumbuh eksogen yang ditambahkan ke dalam media dengan zat pengatur tumbuh endogen di dalam sel. Sehingga kombinasi konsentrasi zat pengatur tumbuh yang tepat dapat mempercepat munculnya tunas pada tanaman.

Pengamatan terhadap parameter hari muncul tunas aksilar Cendana pada penelitian ini menggunakan analisa uji *Analysis of Varian* (ANOVA) dua jalur untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan.

Selanjutnya dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% apabila terdapat perbedaan nyata untuk mengetahui kombinasi konsentrasi ZPT yang terbaik. Hasil uji ANAVA dapat dilihat pada tabel 4.1.1 di bawah ini.

Tabel 4.1.1 Pengaruh kombinasi BAP dan NAA terhadap hari munculnya tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

F hitung	F tabel	Sig
3.707	1.992	.001

Keterangan : Jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka terdapat pengaruh yang signifikan, jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak terdapat pengaruh

Berdasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memiliki nilai signifikan sebesar 0,001 yang artinya terdapat pengaruh karena nilai sig < 0,05, begitu juga dengan nilai F-hitung yang lebih besar daripada F-tabel yang artinya terdapat pengaruh. Maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap hari muncul tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*). Sehingga dapat dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil uji DMRT 5% dapat dilihat pada tabel 4.1.2 di bawah ini.

Tabel 4.1.2 Pengaruh kombinasi BAP dan NAA terhadap hari munculnya tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

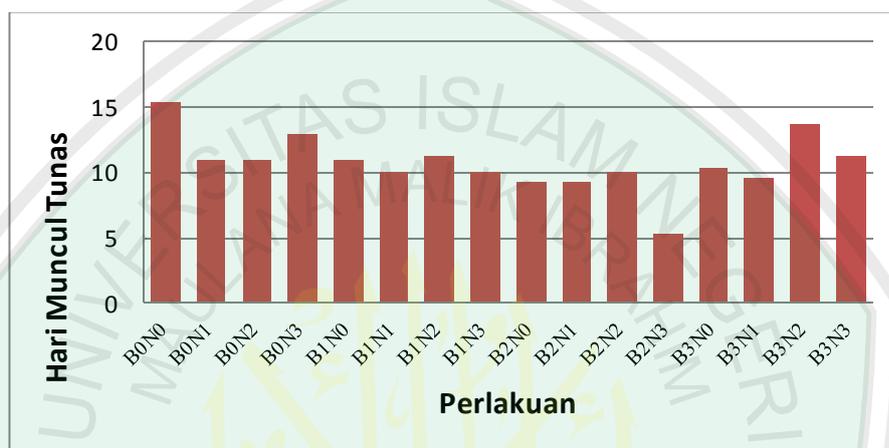
Perlakuan	Hari Muncul Tunas
BAP 1 + NAA 0,5 mg/l	5 a
BAP 1 + NAA 0 mg/l	9 b
BAP 1 + NAA 0,1 mg/l	9 b
BAP 2 + NAA 0,1 mg/l	9 b
BAP 0,5 + NAA 0,1 mg/l	10 bc
BAP 05 + NAA 0,5 mg.l	10 bc
BAP 1 + NAA 0,25 mg/l	10 bc
BAP 2 + NAA 0 mg/l	10 bc
BAP 0 + NAA 0,1 mg/l	11 bc
BAP 0 + NAA 0,25 mg/l	11 bc
BAP 0,5 + NAA 0 mg/l	11 bc
BAP 0,5 + NAA 0,25 mg/l	11 bc
BAP 2 + NAA 0,25 mg/l	11 bc
BAP 0 + NAA 0,5 mg/l	13 bcd
BAP 2 + NAA 0,25 mg/l	13 cd
BAP 0 + NAA 0 mg/l	15 d

Keterangan: Angka-angka tinggi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris menunjukkan hasil tidak berbeda nyata sedangkan yang disertai huruf yang tidak sama menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan hasil uji DMRT taraf 5%.

Hasil dari uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5% menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi konsentrasi yang efektif dalam memicu hari munculnya tunas adalah BAP 1 + NAA 0,5 mg/l yang ditunjukkan dengan pengaruh yang berbeda nyata dari semua perlakuan. Pada perlakuan tersebut didapatkan hari muncul tunas tercepat yaitu 5 hari.

Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa kombinasi antara sitokinin (BAP) dan auksin (NAA) dapat memacu morfogenesis dalam pembentukan tunas (Flick dkk, 1993). Penggunaan sitokinin dan auksin dalam satu media dapat memacu proliferasi tunas karena adanya pengaruh sinergisme

antara zat pengatur tumbuh tersebut (Davies, 1995). Sehingga penambahan kombinasi BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap hari muncul tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.). Adapun tentang rata-rata hari munculnya tunas dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4.1.3 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap hari muncul tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.) secara *in vitro*

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa perlakuan B2N3 (BAP 1mg/l + NAA 0,5 mg/l) merupakan kombinasi konsentrasi yang menunjukkan nilai rata-rata terendah karena memiliki waktu tercepat dalam memicu hari muncul tunas aksilar. Hal ini sesuai dengan hasil dari uji DMRT 5% bahwa pada konsentrasi BAP 1mg/l + NAA 0,5 mg/l merupakan konsentrasi yang efektif karena memberikan waktu tercepat dalam menginduksi munculnya tunas aksilar yaitu selama lima hari.

Sitokinin adalah hormon yang memberikan pengaruh besar terhadap munculnya tunas dalam perlakuan kombinasi. Menurut Yusnita (2003), BAP adalah sitokinin yang sering digunakan untuk merangsang pembentukan tunas. Sitokinin dapat mempengaruhi gen KNOX (*Knotted Like Homeobox*). Gen

KNOX mengkode suatu protein yang berfungsi memacu pertumbuhan dan pemeliharaan meristem ujung batang supaya sel-selnya selalu aktif membelah (Wijayanti, 2007). Sel-sel yang selalu aktif membelah nantinya didukung dengan auksin akan berdiferensiasi membentuk tunas. Oleh karena itu penambahan BAP dan NAA dengan konsentrasi yang tepat mampu mempercepat munculnya tunas.

Menurut Hartman dalam Suhenteka dan Sobir (2010) tanaman yang berbeda dapat merespon hormon (auksin dan sitokinin) dalam berbagai konsentrasi secara berbeda pula. Hal ini disebabkan oleh perbedaan hormon endogen itu sendiri. Sehingga kecepatan pertumbuhan yang terjadi pada eksplan dikarenakan adanya interaksi yang tepat antara hormon endogen eksplan dengan penambahan hormon eksogen yang mengakibatkan proses fisiologis dalam eksplan dapat berlangsung efektif sehingga mampu memacu awal pertumbuhan tunas.



Gambar 4.1.4 Tunas Cendana (*Santalum album* L.) umur 10 hari pada perlakuan BAP 1 mg/l dan NAA 0,1 mg/l

4.2 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap Jumlah Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *In Vitro*

Jumlah tunas merupakan faktor terpenting dalam multiplikasi tanaman pada kultur jaringan. Semakin banyak tunas yang terbentuk, maka dapat dilakukan multiplikasi kultur untuk mendapatkan tunas-tunas baru dalam jumlah yang semakin banyak juga. Perhitungan jumlah tunas dilakukan dengan menghitung tunas aksilar, yaitu tunas yang muncul pada nodus tanaman.

Pengamatan terhadap parameter jumlah tunas aksilar Cendana pada penelitian ini menggunakan analisa uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dua jalur untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan. Selanjutnya dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% apabila terdapat perbedaan nyata untuk mengetahui kombinasi konsentrasi ZPT yang terbaik. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada tabel 4.2.1 di bawah ini.

Tabel 4.2.1 Pengaruh kombinasi BAP dan NAA pada induksi jumlah tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

F hitung	F tabel	Sig
2.561	1.992	.013

Keterangan : Jika nilai Fhitung > Ftabel maka terdapat pengaruh yang signifikan, jika Fhitung < Ftabel maka tidak terdapat pengaruh

Hasil uji ANOVA pada parameter jumlah tunas aksilar Cendana menunjukkan bahwa nilai sign < 0,05 yaitu 0,013. Selain itu nilai F-hitung juga lebih besar daripada F-tabel. Maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap jumlah tunas aksilar

Cendana, sehingga dapat dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil uji DMRT 5% dapat terlihat pada tabel 4.2.2 di bawah ini.

Tabel 4.2.2 Pengaruh kombinasi BAP dan NAA terhadap induksi jumlah tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

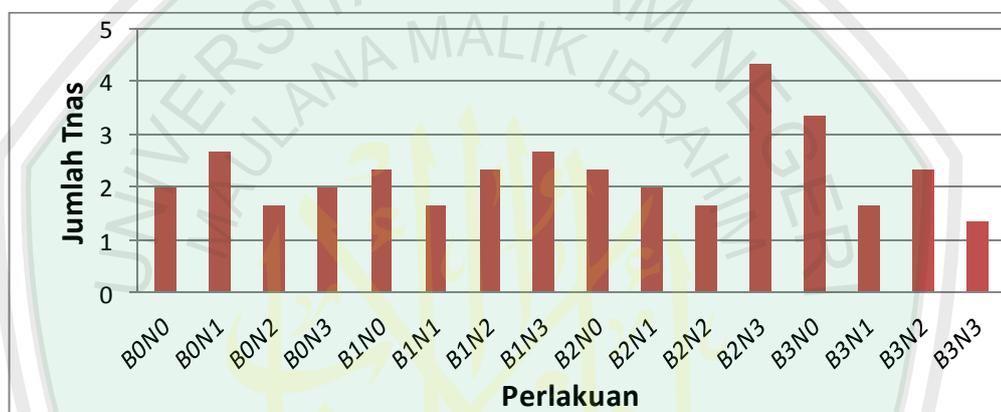
Perlakuan	Jumlah Tunas Aksilar
BAP 2 + NAA 0,5 mg/l	1.333 a
BAP 0 + NAA 0,25 mg/l	1.667 a
BAP 0,5 + NAA 0,1 mg/l	1.667 a
BAP 1 + NAA 0,25 mg/l	1.667 a
BAP 2 + NAA 0,1 mg/l	1.667 a
BAP 0 + NAA 0 mg/l	2.000 ab
BAP 0 + NAA 0,5 mg/l	2.000 ab
BAP 1 + NAA 0,1 mg/l	2.000 ab
BAP 0,5 + NAA 0 mg/l	2.333 ab
BAP 0,5 + NAA 0,25 mg/l	2.333 ab
BAP 1 + NAA 0 mg/l	2.333 ab
BAP 2 + NAA 0,25 mg/l	2.333 ab
BAP 0 + NAA 0,1 mg/l	2.667 ab
BAP 0,5 + NAA 0,5 mg/l	2.667 ab
BAP 2 + NAA 0 mg/l	3.333 bc
BAP 1 + NAA 0,5 mg/l	4.333 c

Keterangan: Angka-angka tinggi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris menunjukkan hasil tidak berbeda nyata sedangkan yang disertai huruf yang tidak sama menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan hasil uji DMRT taraf 5%

Hasil dari uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5% terhadap jumlah tunas aksilar pada Cendana menunjukkan bahwa perlakuan BAP 1+ NAA 0,5 mg/l merupakan kombinasi konsentrasi yang efektif dalam menginduksi jumlah tunas. Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa kombinasi konsentrasi memberikan pengaruh yang bervariasi pada masing-masing eksplan. Semakin tinggi konsentrasi baik BAP dan NAA tidak selalu meningkatkan jumlah tunas.

Hormon eksogen yang ditambahkan pada media akan memberikan respon yang berbeda-beda, disebabkan kadar hormon endogen dalam eksplan juga berbeda beda. Hal ini didukung oleh pernyataan Gunawan (1988) bahwa interaksi

dan perimbangan antara ZPT yang diberikan kepada media dan yang diproduksi oleh tanaman secara endogen menentukan arah perkembangan suatu kultur. George dan Sherrington (1984) juga mengemukakan bahwa pertumbuhan dan perkembangan eksplan dipengaruhi oleh interaksi dan keseimbangan antara ZPT eksogen dan endogen (hormon). Adapun tentang rata-rata jumlah munculnya tunas aksilar dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4.2.3 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap jumlah tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa perlakuan B2N3 (BAP 1 mg/l dengan NAA 0,5 mg/l) merupakan kombinasi konsentrasi yang memiliki rata-rata tertinggi dalam hal jumlah tunas aksilar yang dibentuk. Kombinasi konsentrasi tersebut juga merupakan kombinasi konsentrasi yang efektif dalam menginduksi jumlah tunas aksilar berdasarkan uji DMRT 5%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi BAP dan NAA pada konsentrasi tersebut aktif berperan dalam penggandaan tunas sampai jangka waktu akhir pengamatan. Davies dalam Wijayanti (2007) menyatakan bahwa pemberian NAA pada media kultur

menyebabkan pembelahan sel pada permulaan kultur berjalan lambat, akan tetapi populasi sel tetap dijaga dan kemudian jumlahnya ditingkatkan.

Jumlah tunas yang terbentuk pada tiap perlakuan dipengaruhi oleh kombinasi BAP dan NAA pada konsentrasi yang berbeda. Hal ini sesuai dengan pendapat Wattimena dkk (1992) bahwa kecepatan sel membelah diri dapat dipengaruhi oleh adanya kombinasi zat pengatur tumbuh tertentu. Satu molekul zat pengatur tumbuh saja dapat mempengaruhi cara kerja enzim, maka beberapa molekul zat pengatur tumbuh dapat menyebabkan perubahan-perubahan fisiologis tanaman, karena enzim memegang peranan penting dalam metabolisme (Wattimena, 1991). Winarsih dan Priyono (2000) menyatakan bahwa kombinasi perlakuan sitokinin dan auksin pada konsentrasi yang tepat dapat meningkatkan jumlah tunas yang terbentuk.

Tingginya pertumbuhan tunas pada eksplan dikarenakan adanya ineraksi yang tepat antara hormon endogen eksplan dengan hormon eksogen yang ditambahkan. Pembentukan tunas dipengaruhi oleh hormon sitokinin yang dalam hal ini adalah BAP. Sitokinin berperan dalam pembelahan sel, maka ketika konsentrasi sitokinin yang diberikan sesuai, eksplan akan mempercepat proses pembelahan sel sehingga jumlah tunas yang terbentuk semakin banyak. Menurut Wattimena (1988) bahwa fungsi utama sitokinin adalah memacu pembelahan sel. Sitokinin berperan dalam merangsang pertumbuhan tunas, meningkatkan klorofil daun serta memperlambat proses penuaan pada daun dan organ-organ lainnya.

Konsentrasi auksin dalam hal ini adalah NAA yang efektif ditambahkan dalam media kultur Cendana adalah 0,5 mg/l dimana lebih rendah daripada

konsentrasi BAP, karena auksin dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan mata tunas samping. Sehingga untuk dapat memperbanyak jumlah tunas harus mengurangi konsentrasi auksin. Tunas yang terbentuk pada tiap-tiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.2.4 di bawah ini.

Tabel 4.2.4 Hasil induksi tunas aksilar pada awal dan akhir pengamatan

No	Awal	Akhir
1.	 <p data-bbox="485 1149 767 1182">BAP 0 + NAA 0 mg/l</p>	
2	 <p data-bbox="472 1664 775 1697">BAP 0 + NAA 0,1 mg/l</p>	

3	 <p data-bbox="464 770 780 806">BAP 0 + NAA 0,25 mg/l</p>	
4	 <p data-bbox="472 1323 775 1359">BAP 0 + NAA 0,5 mg/l</p>	
5	 <p data-bbox="459 1874 783 1910">BAP 0,5 + + NAA 0 mg/l</p>	

6	 <p>BAP 0,5 + + NAA 0,1 mg/l</p>	
7	 <p>BAP 0,5 + NAA 0,25 mg/l</p>	
8	 <p>BAP 0,5 + NAA 0,5 mg/l</p>	

9	 <p data-bbox="483 792 767 831">BAP 1 + NAA 0 mg/l</p>	
10	 <p data-bbox="475 1312 772 1350">BAP 1+ NAA 0,1 mg/l</p>	
11	 <p data-bbox="467 1899 780 1937">BAP 1+ NAA 0,25 mg/l</p>	

12	 <p data-bbox="472 757 775 790">BAP 1 + NAA 0,5 mg/l</p>	
13	 <p data-bbox="485 1305 767 1339">BAP 2 + NAA 0 mg/l</p>	
14	 <p data-bbox="472 1888 775 1921">BAP 2 + NAA 0,1 mg/l</p>	

15		
16		

4.3 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap Panjang Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *In Vitro*

Pengamatan terhadap parameter panjang tunas Cendana pada penelitian ini menggunakan analisa uji *Analysis of Varian* (ANOVA) dua jalur untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan. Selanjutnya dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% apabila terdapat perbedaan nyata untuk mengetahui kombinasi konsentrasi ZPT yang terbaik. Hasil yang diperoleh dari uji ANOVA dapat terlihat pada tabel 4.4.1 di bawah ini.

Tabel 4.3.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA terhadap panjang tunas Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

F hitung	F tabel	Sig
2.302	1.992	.023

Keterangan : Jika nilai Fhitung > Ftabel maka terdapat pengaruh yang signifikan, jika Fhitung < Ftabel maka tidak terdapat pengaruh

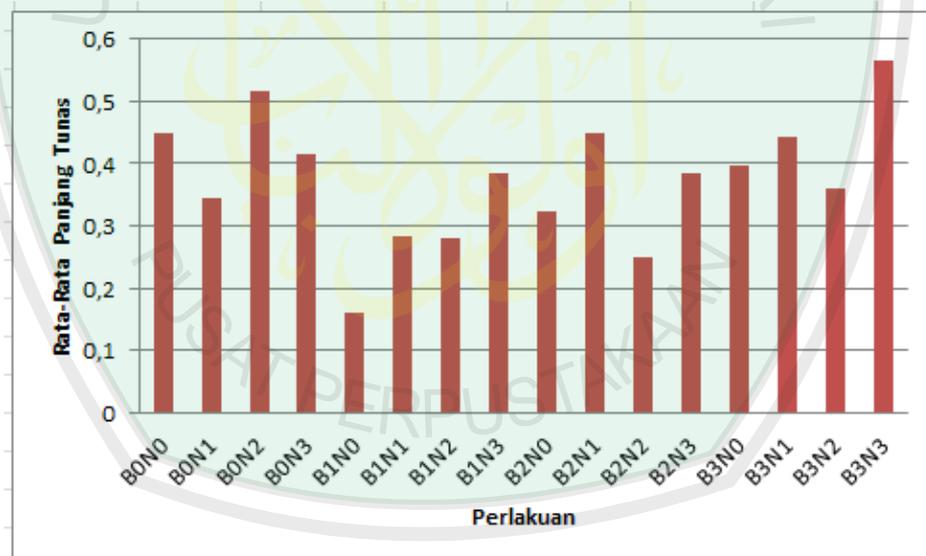
Hasil uji ANAVA pada parameter panjang tunas Cendana menunjukkan bahwa nilai sign < 0,05 yaitu 0,023. Selain itu nilai F-hitung lebih besar daripada F-tabel. Maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap panjang tunas Cendana, Sehingga dapat dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil uji DMRT 5% dapat terlihat pada tabel 4.4.2 di bawah ini.

Tabel 4.3.2 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA terhadap panjang tunas Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Perlakuan	Panjang Tunas
BAP 0,5 + NAA 0 mg/l	0,1610 a
BAP 1 + NAA 0,25 mg/l	0,2500 ab
BAP 0,5 + NAA 0,25 mg/l	0,2783 ab
BAP 0,5 + NAA 0,1 mg/l	0,2833 ab
BAP 1 + NAA 0 mg/l	0,3222 abc
BAP 0 + NAA 0,1 mg/l	0,3417 abcd
BAP 2 + NAA 0,25 mg/l	0,3610 abcd
BAP 1 + NAA 0,5 mg/l	0,3817 abcd
BAP 0,5 + NAA 0,5 mg/l	0,3833 abcd
BAP 2 + NAA 0 mg/l	0,3967 bcd
BAP 0 + NAA 0,5 mg/l	0,4167 bcd
BAP 2 + NAA 0,1 mg/l	0,4433 bcd
BAP 0 + NAA 0 mg/l	0,4500 bcd
BAP 1 + NAA 0,1 mg/l	0,4500 bcd
BAP 0 + NAA 0,25 mg/l	0,5167 cd
BAP 2 + NAA 0,5 mg/l	0,5667 d

Keterangan: Angka-angka tinggi yang diikuti oleh huruf yang samadalam satu baris menunjukkan hasil tidak berbeda nyata sedangkan yang disertai huruf yang tidak sama menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan hasil uji DMRT taraf 5%.

Hasil dari uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5% terhadap parameter panjang tunas Cendana menunjukkan bahwa perlakuan BAP 0 + NAA 0 mg/l tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perilaku kombinasi konsentrasi yang lainnya. Hal ini dapat diartikan bahwa hormon endogen pada eksplan Cendana telah mampu memberikan pengaruh terhadap panjang tunas. Sehingga ketika ditambahkan dengan hormon eksogen tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Menurut Hartman dalam Suhenteka dan Sobir (2010) bahwa tanaman dapat merespon hormon dalam berbagai konsentrasi secara pula yang disebabkan oleh perbedaan hormon endogen. Adapun tentang rata-rata panjang tunas dapat dilihat pada gambar 4.3.3 di bawah ini.



Gambar 4.3.3 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap panjang tunas tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa penambahan BAP 2 mg/l dengan NAA 0,5 mg/l merupakan kombinasi konsentrasi yang memiliki rata-rata tertinggi dalam hal panjang tunas. Meski demikian rata-rata tertinggi tidak dapat

dijadikan patokan keefektifan penggunaan hormon karena kombinasi konsentrasi yang efektif hanya dapat ditentukan melalui uji statistik.

Pemanjangan tunas diakibatkan oleh adanya pemanjangan pada sel-selnya. Pemanjangan pada sel-sel sangat dipengaruhi oleh adanya hormon auksin. NAA 0,5 mg/l adalah konsentrasi tertinggi yang diberikan pada semua perlakuan selain dikombinasikan dengan BAP. Menurut Campbell dan Reece (2012) bahwa fungsi utama auksin adalah untuk merangsang pemanjangan sel-sel di dalam tunas-tunas muda yang sedang berkembang.

Menurut Wattimena (1991) menyatakan bahwa sitokinin berpengaruh pada proses pembelahan sel. Setelah pembelahan sel terjadi, dengan adanya nutrisi yang diperlukan akan terjadi proses pertumbuhan lainnya yaitu pembentangan sel dan penambahan plasma. Menurut Salisbury dan Ross (1995), pemberian sitokinin meningkatkan plastisitas dinding sel sehingga dinding sel mengendur kemudian terjadi pembentangan lebih cepat. Hal ini didukung pula oleh NAA yang mengakibatkan pengenduran dinding sel. NAA mempertahankan potensial air sel agar selalu negatif daripada potensial air larutan disekitarnya, sehingga potensial tekanan yang diperlukan untuk mendesak pembentangan sel tersebut tidak sebesar pada sel yang tidak diberi NAA (Salisbury dan Ross, 1995).

Auksin mempengaruhi pemanjangan suatu sel dengan cara mengaktifkan beberapa enzim yang dapat menurunkan pH pada dinding sel. Enzim tersebut bekerja memutuskan ikatan polisakarida dinding sel dan menyebabkan pertumbuhan yang cepat. Respon auksin yang utama terjadi pada bagian epidermis. Auksin mengaktifkan gen di epidermis dengan cara mengembangkan

dinding epidermis kemudian epidermis akan memanjang lebih cepat (Salisbury dan Ross, 1995).

Tingginya pertumbuhan tunas yang terjadi pada eksplan dikarenakan adanya interaksi yang tepat antara hormon endogen eksplan dengan hormon eksogen yang ditambahkan. Hal ini didukung oleh George dan Sherrington (1984) yang menyatakan bahwa kemampuan suatu eksplan untuk berdiferensiasi tidak hanya bergantung pada penambahan auksin pada media pertumbuhan tetapi bergantung pula pada interaksi auksin endogen dan eksogen.

4.4 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap jumlah daun pada induksi tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *In Vitro*

Daun muncul pada hampir semua kombinasi perlakuan. Jumlah daun dipengaruhi oleh adanya penambahan zat pengatur tumbuh ke dalam media. Daun yang diamati pada penelitian ini adalah daun yang telah terbuka sempurna. Pengamatan terhadap parameter jumlah daun Cendana pada penelitian ini menggunakan analisa uji *Analysis of Varian* (ANOVA) dua jalur untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan. Selanjutnya dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% apabila terdapat perbedaan nyata untuk mengetahui kombinasi konsentrasi ZPT yang terbaik. Hasil uji ANOVA terhadap parameter jumlah daun dapat dilihat pada tabel 4.4.1 di bawah ini.

Tabel 4.4.1 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada jumlah daun Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

F hitung	F tabel	Sig
2.509	1.992	.014

Keterangan : Jika nilai Fhitung > Ftabel maka terdapat pengaruh yang signifikan, jika Fhitung < Ftabel maka tidak terdapat pengaruh

Hasil uji ANAVA pada parameter jumlah daun Cendana menunjukkan bahwa nilai sign < 0,05 yaitu 0,014. Selain itu nilai F-hitung lebih besar daripada F-tabel. Maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap jumlah daun Cendana, Sehingga dapat dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil uji DMRT 5% dapat terlihat pada tabel 4.4.2 di bawah ini.

Tabel 4.4.2 Pengaruh kombinasi konsentrasi BAP dan NAA pada jumlah daun Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Perlakuan	Jumlah Daun
BAP 0,5 + NAA 0,1 mg/l	1.1667 a
BAP 0,5 + NAA 0,25 mg/l	1.3867 ab
BAP 1 + NAA 0,5 mg/l	1.3833 ab
BAP 0 + NAA 0,1 mg/l	1.4167 ab
BAP 0,5 + NAA 0 mg/l	1.6100 ab
BAP 1 + NAA 0,25 mg/l	1.6667 ab
BAP 2 + NAA 0,25 mg/l	1.7200 ab
BAP 0 + NAA 0 mg/l	1.8333 ab
BAP 1 + NAA 0 mg/l	2.0000 ab
BAP 1 + NAA 0,1 mg/l	2.3333 ab
BAP 2 + NAA 0 mg/l	2.4667 ab
BAP 0,5 + NAA 0,5 mg/l	2.5000 ab
BAP 0 + NAA 0,5 mg/l	2.7200 ab
BAP 2 + NAA 0,1 mg/l	2.7667 ab
BAP 0 + NAA 0,25 mg/l	3.0000 bc
BAP 2 + NAA 0,5 mg/l	4.3333 c

Keterangan: Angka-angka tinggi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris menunjukkan hasil tidak berbeda nyata sedangkan yang disertai huruf yang tidak sama menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan hasil uji DMRT taraf 5%.

Hasil dari uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5% terhadap parameter jumlah daun pada Cendana menunjukkan bahwa perlakuan BAP 0 mg/l + NAA 0,25 mg/l dan BAP 2 mg/l + NAA 0,5 mg/l tidak berbeda nyata. Namun konsentrasi yang efektif digunakan adalah BAP 0 mg/l + NAA 0,25 mg/l karena dengan perbandingan konsentrasi yang rendah sudah memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan BAP 2 mg/l + NAA 0,5 mg/l.

Hasil uji DMRT 5 % menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi BAP dan NAA memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap jumlah daun. Tidak dapat menjadi acuan meskipun eksplan ditambahkan sitokinin (BAP) dengan konsentrasi yang semakin tinggi maka jumlah daun akan meningkat meskipun fungsi dari sitokin adalah pembelahan sel dan pembentukan organ salah satunya adalah daun. Hal ini terjadi karena adanya hormon endogen yang berbeda-beda sehingga menghasilkan respon yang berbeda-beda pula.

Menurut Hardjo (1994) pemberian sitokinin pada media yang eksplannya mengandung sitokinin endogen sedikit menghasilkan respon yang positif, namun sebaliknya bila eksplan mengandung sitokinin endogen yang cukup, maka tidak ada respon terhadap pemberian sitokinin, bahkan akan menimbulkan respon yang negatif.

Sitokinin merupakan suatu zat di dalam tanaman yang bersama dengan auksin dalam menentukan arah terjadinya diferensiasi sel. Keefektifan sitokinin sangat bervariasi diantaranya ditentukan oleh dosis yang digunakan, umur dan bagian tanaman yang digunakan (Kusumo, 1984).

Penambahan auksin dalam hal ini adalah NAA, tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah daun. Beberapa eksplan mampu menghasilkan daun dengan ditambahkan NAA namun pada beberapa eksplan tanpa penambahan NAA seperti pada BAP 0,5mg/l + NAA 0 mg/l daun tetap muncul. Hal ini dapat disebabkan adanya pengaruh dari hormon endogen yang ada dalam eksplan. Hal ini didukung oleh George dan Sherrington (1984) yang menyatakan bahwa kemampuan suatu eksplan untuk berdiferensiasi tidak hanya bergantung pada penambahan auksin pada media pertumbuhan tetapi bergantung pula pada interaksi antara auksin dan endogen dan eksogen. Adapun tentang rata-rata jumlah daun dapat dilihat pada gambar 4.4.3 di bawah ini.



Gambar 4.4.3 Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA terhadap jumlah daun tunas aksilar Cendana (*Santalum album* L.) secara *in vitro*

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa pada perlakuan B3N3 (BAP 2 mg/l + NAA 0,5 mg/l) merupakan kombinasi konsentrasi yang memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Namun penentuan keefektifan perlakuan kombinasi hormon tetap ditentukan melalui uji statistik DMRT 5% yaitu pada perlakuan BAP 0 mg/l + NAA 0,25 mg/l

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kombinasi konsentrasi BAP 0 mg/l + NAA 0,25 mg/l menghasilkan rata-rata 3 daun pada tiap tunasnya, dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Pada beberapa perlakuan misalnya B2N3 (BAP 1 mg/l + NAA 0,5 mg/l) meski terdapat tunas yang mempunyai daun lebih dari tiga, namun dari semua tunas yang mampu menghasilkan daun hanya satu tunas saja.

Terbentuknya daun dipengaruhi oleh sitokinin yang memacu pembelahan sel. Tingginya pertumbuhan yang terjadi pada eksplan dikarenakan adanya interaksi yang tepat antara hormon endogen eksplan dengan hormon eksogen yang ditambahkan. Keseimbangan konsentrasi auksin dan sitokinin yang ditambahkan dalam media ini mengakibatkan proses fisiologis dalam eksplan dapat berlangsung efektif dalam memacu pertumbuhan daun.

Menurut (Wijayanti, 2007), peran sitokinin dalam pembentukan daun meliputi dua tahapan (1) Sitokinin dalam siklus sel memiliki peranan penting yaitu pemacuan sitokinesis. Sitokinin mendorong pembelahan sel dengan cara meningkatkan peralihan G2 ke mitosis dan dalam hal ini sitokinin juga meningkatkan laju sintesis protein. Beberapa protein itu adalah protein pembangun atau enzim yang dibutuhkan untuk mitosis. Sitokinin juga memperpendek fase S yaitu dengan cara mengaktifkan DNA, sehingga ukuran salinan DNA menjadi dua kali lebih besar kemudian laju sintesis DNA digandakan. (2) Sitokinin dapat mempengaruhi gen KNOX (*Knotted Like Homeobox*). Gen KNOX mengkode suatu protein yang berfungsi memacu pertumbuhan dan pemeliharaan meristem ujung batang supaya sel-selnya selalu

bersifat maristematis. Ketika gen KNOX sudah terlalu besar, akan menyebabkan aktivitas maristematik terhenti yang kemudian menginisiasi terbentuknya daun.



Gambar 4.4.4 Eksplan Cendana (*Santalum album* L.) yang muncul daun pada minggu ke empat perlakuan BAP 2 mg/l + NAA 0 mg/l

4.5 Proses Pertumbuhan Tanaman dalam Al-Qur'an

Allah SWT menjelaskan dalam firman-Nya dalam surat Asy-Syua'ara (26) ayat 7 yang berbunyi :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik (As-Syua'ara/26:7)

Menurut Al-Qurtubi dalam penafsirannya QS Asy-Syua'ara ayat 7 mengartikan kata (ja-wa-za) adalah warna, sedangkan kata (kariym) artinya menumbuhkan. Kata (kariym) ini digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang paling baik, paling tidak adalah subur dan bermanfaat bagi mereka kaum yang kehilangan sarana berfikir, berani menentang Rasul, dan mendustakan Kitabnya, sedangkan

Tuhan-Nyalah yang telah menciptakan bumi dan menumbuhkan di dalamnya tanaman dan buah-buahan berbagai macam bentuknya (Ali dkk, 1989).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan bermacam-macam tanaman yang baik. Berdasarkan tafsir telah dijelaskan, dikatakan baik jika tanaman tersebut subur dan memberi manfaat. Namun terkadang manusia lupa dan tidak mau memperhatikan bahwa betapa Allah telah menciptakan segala apa yang di bumi ini dengan begitu baik dan bermanfaat bagi kehidupan makhluk-Nya.

Proses mendapatkan tanaman yang baik dapat dilakukan dengan berbagai cara, satu diantaranya melalui teknik kultur jaringan tanaman. Pada penelitian ini digunakan teknik kultur jaringan dengan tujuan perbanyak tanaman sehingga menghindarkan tanaman Cendana dari kepunahan. Allah SWT menjelaskan tentang proses menumbuhkan tanaman dengan teknik kultur jaringan secara tersirat dalam QS. Al-Waqiah ayat 63-65 yang berbunyi:

أَفَرَأَيْتُمْ مَا تَحْرُثُونَ ﴿٦٣﴾ ءَأَنْتُمْ تَزْرَعُونَهُ أَمْ نَحْنُ الَّذِينَ نَزْرَعُونَ ﴿٦٤﴾ لَوْ نَشَاءُ لَجَعَلْنَاهُ حُطَبًا فَظَلْتُمْ تَفَكَّهُونَ ﴿٦٥﴾

Artinya: Maka terangkanlah kepadaku tentang yang kamu tanam. Kamukah yang menumbuhkannya atau kamukah yang menumbuhkannya? Kalau Kami kehendaki, benar-benar Kami jadikan Dia hancur dan kering, Maka jadilah kamu heran dan tercengang (QS.Al-Waqiah/ 56:63-65).

Ayat di atas menjelaskan secara tersirat proses kultur jaringan, dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT menyampaikan pertanyaan kepada manusia, untuk dipikirkan dan direnungkan mengenai berbagai tanaman yang ditanam oleh manusia, baik yang ditanam di sawah, perkebunan, maupun secara

in vitro (kultur jaringan). Diungkapkan bahwa bagi semua tanaman, kedudukan manusia hanya sekedar sebagai penanamnya, pemupuk dan pemeliharanya dari berbagai gangguan yang membawa kerugian (Sonhaji dkk, 1990).

Menurut Qurais Shihab (2002) dalam penafsirannya QS Al-Waqiah ayat 63-65 menjelaskan bahwa :

Allah berfirman: *Maka apakah kamu melihat dengan dengan mata kepala atau hati, keadaan yang sungguh menakjubkan, terangkanlah kepada-Ku tentang benih yang kamu dari saat ke saat tanam. Kamukah yang menumbuhkannya setelah benih itu kamu tanam, sehingga dia pada akhirnya berbuah ataukah Kami Para Penumbuhnya! Kalau Kami kehendaki maka benar-benar Kami mejadikannya yakni tanaman itu kering tidak berbuah dan hancur berkeping-keping sebelum kamu petik, akibat terkena sengatan panas atau terkena hama; maka kamu terus menerus sepanjang hari menjadi heran tercengang.*

Menurut Al-Qarni (2007) dalam penafsirannya QS Al-Waqiah ayat 63-65 menjelaskan bahwa :

Allah berfirman: Terangkalah kepada-Ku wahai manusia mengenai bibit biji-bijian kering yang kalian tebar di tanah yang kering pula !. Apakah kalian yang menumbuhkannya dan mengeluarkannya menjadi hasil tani ? Tentu tidak. Hanya Allah SWT semata yang mengeluarkannya dengan kuasa-Nya menjadi hasil tani. Seandainya Allah SWT menghendaki niscaya Dia menjadikan hasil tani itu kering, hancur dan tidak bermanfaat, sehingga para petani tercengang melihatnya.

Berdasarkan uraian tafsir di atas dapat diketahui bahwa setiap apa yang ditanam, hanya Allah yang memiliki kuasa untuk menumbuhkannya atau mematikannya. Jika Allah menghendaki tanaman tersebut untuk hidup dan tumbuh niscaya tanaman tersebut akan tumbuh dengan baik. Akan tetapi jika Allah menghendaki tanaman tersebut kering, hancur niscaya tanaman tersebut tidak akan bisa tumbuh dengan baik bahkan mati. Oleh karena itu, kedudukan peneliti

di sini hanya sebatas penanam, perawat dari tanaman yang telah ditanam. Selebihnya Allah yang menentukan.

Teknik perbanyak tanaman melalui kultur jaringan dilakukan dengan menginduksi tunas aksilar dari tanaan Cendana. Secara alami suatu tanaman tidak bisa memunculkan tunas aksilar tanpa adanya suatu rekayasa dengan menghilangkan dominansi apikal seperti yang dilakukan dalam penelitian ini. Namun yang kini menjadi pertanyaan apakah suatu tanaman yang secara terus menerus diinduksi tunas aksilarnya tidak terganggu keseimbangannya? Padahal Allah telah menciptakan segala sesuatunya dengan seimbang. Hal ini telah dijelaskan dalam QS Al-Mulk ayat 3 :

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ فَأَرَجِعِ
الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ﴿٣﴾

Artinya : Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu Lihat sesuatu yang tidak seimbang?

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan tujuh lapis langit; sebahagian lapisan langit itu berada di atas lapisan yang lain di alam semesta. Kemudian Allah SWT melanjutkan pertanyaan-Nya kepada manusia “Apakah kamu sekalian, hai manusia, masih ragu-ragu tentang kekuasaan dan kebesaran-Ku ? Jika kamu masih ragu-ragu cobalah perhatikan, renungkan dan pelajari kembali dengan sebenar-benarnya. Apakah engkau masih mendapati dalam ciptaan-Ku itu sesuatu yang tidak sempurna atau tidak seimbang ?.

Pertanyaan dalam ayat ini dipahamkan seakan-akan Allah SWT menantang manusia, agar manusia mencari kalau ada barang sedikit saja kekurangan dan ketidasempurnaan (ketidakseimbangan) ciptaan Allah, pantas manusia mengingkari keesaan dan kekuasaan-Nya. Tetapi mereka kagum dan mengakui kerapian ciptaan Allah itu, bahkan mereka mengakui kelemahan mereka (Dasuki dkk, 1993).

Berdasarkan hal di atas maka dapat diketahui bahwa Allah SWT telah menciptakan segala sesuatunya dengan sempurna (seimbang). Sehingga jika dikaji lebih lanjut terdapat kelebihan dan kekurangan dari teknik induksi tunas aksilar, karena teknik memunculkan tunas aksilar merupakan hasil dari pemikiran manusia sehingga terdapat kekurangan atau ketidasempurnaan di dalamnya. Meski demikian hasil pemikiran tersebut dapat memberikan manfaat, yaitu sebagai teknik untuk memperbanyak tanaman karena Allah juga menciptakan manusia dengan akal yang menjadikannya memiliki kemampuan dalam berpikir dan mempelajari ciptaan Allah SWT. Hal ini dijelaskan dalam QS Al-Imron ayat 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka.

Menurut tafsir Ibnu Katsir bahwa orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi, Yang mana mereka berkata “Ya Rabb kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia.” Artinya, Engkau tidak menciptakan semuanya ini dengan sia-sia, tetapi dengan penuh kebenaran, agar Engkau memberikan balasan kepada orang-orang yang beramal buruk terhadap apa-apa yang telah mereka kerjakan dan juga memberikan balasan orang-orang yang beramal baik dengan balasan lebih baik (syurga). Kemudian mereka menyucikan Allah dari perbuatan sia-sia dan penciptaan yang bathil seraya berkata “Maha suci Engkau.” Yakni dari menciptakan sesuatu yang sia-sia. “Maka peliharalah kami dari siksa neraka.” Maksudnya wahai Rabb yang menciptakan makhluk ini dengan sungguh-sungguh dan adil. Wahai dzat yang jauh dari kekurangan, aib dan kesia-siaan, peliharalah kami dari adzab Neraka dengan daya dan kekuatan Mu. Dan berikanlah taufik kepada kami dalam menjalankan amal shalih yang dapat mengantarkan kami ke Surga serta menyelamatkan kami dari adzab Mu yang sangat pedih (Al- Jazairi, 2007).

Ayat di atas menjelaskan bahwa “ orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi” ini artinya orang-orang yang selalu mengingat Allah dalam segala kondisi. Orang-orang tersebut memanfaatkan akal yang diberikan Allah untuk berfikir dan mempelajari segala yang diciptakan Allah SWT, sehingga mampu membaca masalah yang terjadi di lingkungan sekitar karena munculnya sikap kesadaran dari diri manusia tersebut.

Masalah yang terjadi di lingkungan sekitar mampu terselesaikan jika manusia tersebut memiliki kesadaran diri, keadaran bahwa manusia diciptakan oleh Allah sebagai khalifah. Khalifah ialah bahwa manusia diciptakan untuk menjadi penguasa yang mengatur apa-apa yang ada di bumi, seperti tumbuhan, hewan, hutan, air, sungai, gunung, laut dan lain sebagainya yang seyogyanya manusia harus mampu memanfaatkan segala apa yang ada di bumi untuk kemaslahatannya.

Permasalahan yang terjadi saat ini adalah eksploitasi secara besar-besaran dan kerusakan habitat dari tanaman Cendana. Oleh karena itu manusia sebagai khalifah harus memiliki kesadaran terhadap permasalahan tersebut, karena jika manusia tidak memiliki kesadaran akan hal itu akan berdampak pada kepunahan tanaman Cendana. Berdasarkan hal tersebut maka diharapkan melalui penelitian ini dapat dijadikan upaya untuk menyelamatkan tanaman Cendana dari kepunahan, dengan menginduksi tunas aksilar Cendana sebagai awal dari multiplikasi tanaman Cendana dalam usaha perbanyakan bibit.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa dari masing-masing parameter yang diamati, kombinasi konsentrasi yang paling efektif dari tiap-tiap parameter berbeda, sehingga tidak ada satu kombinasi konsentrasi yang memberikan pengaruh terbaik untuk semua parameter. Hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh manusia selalu memiliki kekurangan, karena kesempurnaan penciptaan hanya milik Allah SWT .

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan zat pengatur tumbuh BAP dan NAA memberikan pengaruh terhadap hari muncul tunas aksilar, jumlah tunas aksilar, rata-rata panjang tunas dan jumlah daun.
2. Kombinasi konsentrasi yang paling efektif dalam menginduksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) adalah BAP 2 + NAA 0 mg/l.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan terkait penelitian ini antara lain :

1. Penambahan BAP saja sudah mampu menginduksi munculnya tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*.
2. Penentuan konsentrasi paling efektif didasarkan pada uji DMRT 5% dengan memperhatikan efisiensi penggunaan zat pengatur tumbuh.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai induksi perakaran.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z. 1983. *Dasar-Dasar Pengetahuan Tentang Zat Pengatur Tumbuh*. Bandung: Angkasa
- Ahmad, Y. A. 2008. *Seri Kemukjizatan Al-Qur'an dan Sunnah*. Yogyakarta : Sajadah Press
- Ali, dkk. 1989. *Terjemah Tafsir Al-Maraghiy*. Semarang : Tohaputra
- Alitalita, Y. 2008. Pengaruh Pemberian BAP Dan NAA terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan Tunas Mikro Kantong Semar (*Nepenthes mirabilis*) Secara *In Vitro*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor. Institut Pertanian Bogor
- Al-Jazairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2007. *Tafsir Al-Qur'an Al- Aisar* Jilid 2 Cetakan 1. Jakarta : Darus Sunnah
- Al-qarni, A. 2007. *Tafsir Muyassar*. Jakarta : Qisthi Press.
- Anwar, N. 2007. Pengaruh Media Multiplikasi Terhadap Pembentukan Akar pada Tunas *In Vitro* Nenas (*Ananas comocus* (L.) Merr.) cv. *Smooth Cayenne* di Media Pengakaran. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Araujo, J. D. 2011. Pertumbuhan Tanaman Pokok Cendana (*Santalum Album* Linn.) Pada Sistem Agroforestri Di Desa Sanirin, Kecamatan Balibo, Kabupaten Bobonaro - Timor Leste. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: IPB.
- Arimarsetiowti, Rina dan Ardiyani, F. 2012. Pengaruh Penambahan Auxin terhadap Pertunasan dan Perakaran Kopi Arabika Perbanyak Somatik Embriogenesis. *Jurnal Pelita Perkebunan* 28 (2) : 82-90.
- Astuti dan Andayani. 2005. Pengaruh Pemberian BAP dan NAA terhadap Pertumbuhan Krisan (*Chrysanthemum morifolium*, Ram.) . *Jurnal Kultur Jaringan Biota* X (3) : 31-35.
- Bagia N, Harijono dan Parsa IM. 2005. *Alat Pemotong Serpihan Limbah Kayu Cendana*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Campbeell dan Reece. 2012. *BIOLOGI*. Jakarta: Erlangga.
- Campbeell dan Reece. 2008. *BIOLOGI*. Jakarta: Erlangga.

- Dasuki, H, Alhumam, Yunardi B, Syatibi, Tahar S, Sya'roni M dan Surur B. 1993. Al-Qur'an dan Tafsirnya. Semarang : PT. Citra Effhar
- Davies, P. J. 2004. *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. London : Kluwer Academic Publisher.
- Debnath, Sinha S dan Sinha R. K. 2013. *In Vitro* Multiplication Of Shoot Buds Of *Aquilaria agallocha* Roxb. (Thymelaeaceae). *Journal of Biotechnology* 2(2)
- Erwin, N. A., Soekmato, N. H. 2009. 6,6-Dimethoxy-4,4-Dihydroxy 3,2-Furano-Isoflavane, A New Compound from *Melochia umbellata* (Houtt) Stapf Var. *Degrabrata* K. (Palisia). *Indonesian Journal of Chemistry*.10 (2): 215-218.
- Flick, C.E., D.A. Evans, dan W.R. Sharp. 1983. Organogenesis in Y. Yamada (ed). *Handbook of Plant Cell Culture*. Vol. 1 : *Techniques for Propagation and Breeding*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Gamborg, O. L. 1991. *Metode Kultur Jaringan Tanaman*. USA :International Plant Research Institute.
- George, E.F. dan P.D. Sherrington. 1984. *Plant Propagation by Tissue Culture*. Exegetics Limited. England.
- Ghoffar, M Abdul. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*. Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i
- Gunawan, L. W. 1988. *Teknik Kultur Jaringan*. Bogor. Laboratorium Kultur Jaringan Tanman: PAU IPB.
- Gunawan, L. W. 1992. *Teknik Kultur Jaringan*. Bogor. Laboratorium Kultur Jaringan Tanman: PAU IPB.
- Hamilton, L.and Conrad,C.E.1990. *Proceedings symposium Sandalwood in the Pacific*.USDA For.Serv.Gen.Tech.Rep.PSW-122
- Hardjo, P.H. 1994. Organogenesis langsung dan Kalogenesis pada kultur Kedelai (*Glycine max* L. Merril) dan *Glycine tomentella* H. dalam medium MS dan PCL-2 Termodifikasi. *Tesis*. Program Pascasarjana. IPB. Bogor. 65 Pp
- Hartman, H.T and D.E. Kester, 2002. *Plant Propagation Principles and Practise third Ed*.Prentice Hall Inc. New Jersey.662p

- Hendaryono dan Wijayanti. 1994. *Teknik Kultur Jaringan : Pengenalan dan Petunjuk Perbanyak Tanaman Secara Vegetatif Modern*. Yogyakarta : Kanisius
- Herawan, T. 2012. *Kultur Jaringan Cendana (Santalum album L.)*. Yogyakarta : Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Jurnal
- Hermawan R. 1993. *Pedoman Teknis Budidaya Kayu Cendana (Santalum album Linn.)*. Bogor: Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Holmes S. 1983. *Outline of Plant Classification*. New York : Longman.
- IUCN. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org (diakses pada tanggal 16 Februari 2016)
- Karjadi dan Buchory. 2007. Pengaruh NAA dan BAP terhadap Pertumbuhan Jaringan Meristem Bawang Putih pada Media B5. *J. Hort.* 17(3):217-223
- Kertabaya. 2014. Kayu Bertuah Nusantara. kertabaya.blogspot.co.id (diakses pada tanggal 20 Februari 2016)
- Kompas. 2016. Kayu Cendana Asli Timor Leste. regional.kompas.com (diakses pada tanggal 30 juni 2016)
- Kusumo. 1984. *Zat Pengatur Tumbuh*. Jakarta : CV Yasaguna
- Lestari, E. G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyak Tanaman melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. 7 (1):63-68
- Mariska dan Sukmadjaja, 2003. *Kultur Jaringan Abaka Melalui Kultur Jaringan*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Nita. 2014. *Biotechnology UAJY*. blogs.uajy.ac.id (diakses pada tanggal 20 Februari 2016)
- Nugrahani, P. 2011. *Dasar Bioteknologi Tanaman Teknik Propagasi Secara In Vitro*. Surabaya : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
- Pierik, R.M.L. 1987. *In Vitro Culture of Higher Plant*. Nederland: Marthhinus Nijhoft Publisher
- Quraish, S . 2002. *Tafsir Al- Mishbah*. Jakarta : Lentera Hati
- Rahardja dan W. Wiryanta. 2003. *Aneka Cara memperbanyak Tanaman*. Agromedia Pustaka. Jakarta.

- Rahayu S, Wawo AH, van Noordwijk M, Hairiah K. 2002. *Cendana Deregulasi dan Strategi Pengembangannya*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Rohayati, Euis. 2009. Teknik Perbanyak Cepat Anthurium dengan Induksi Tunas Aksiler secara *In Vitro*. *Buletin Teknik Pertanian*. 14 (1): 1-5
- Ruzic dan Vujovic. 2008. The Effects Of Cytokinin Types And Their Concentration On *In Vitro* Multiplication Of Sweet Cherry Cv. Lapins (*Prunus avium* L.). *Hort. Sci. (Prague)*. 35 (1).
- Salisbury dan Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuha Jilid 3*. Bandung : ITB Bandung
- Santoso, U dan Nursandi, F, 2004. *Kultur Jaringan Tanaman*. Malang: UMM Press
- Sato, Sae S., Tanaka, M dan Mori, H. 2009. Auxin–cytokinin interactions in the control of shoot branching. *Plant Mol Biol*. 69:429-435
- Sastrapraja, S. 1980. *Tanaman Industri Lembaga Biologi Nasional LIPI*. Bogor : LIPI.
- Simanjuntak, P. 2003. Uji Antibakteri Ekstrak Metanol Kayu Cendana (*Santalum Album* L.). *Majalah Farmasi Indonesia*. 14(2): 326-332
- Sindhu, R.dkk. 2010. Santalum Album Linn: A Review On Morphology, Phytochemistry And Pharmacological Aspects. *International Journal of PharmTech Research*. 2(1): 914-919.
- Sonjahi, MH. 1990. *Al- Qur'an dan Tafsirnya*. Yogyakarta : Dana Bhakti Wakaf
- Sugiyanti, E . 2008. Pengaruh Kombinasi BAP (*Benzil Amino Purine*) Dan NAA (*Naphtalene Acetic Acid*) terhadap Pertumbuhan Tunas Zodia (*Euodia suaveolens* Scheff.) Secara *In Vitro*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Sundari, L., Siregar , L.A.M dan Hanafiah, Dianah, S. 2015. Kajian Awal : Respon Eksplan Nodus dalam Inisiasi Tunas Mikro Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) dalam Medium WPM. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(1).
- Surachman, D. 2011. Teknik Pemanfaatan Air Kelapa untuk Perbanyak Nilam Secara *In vitro*. *Buletin Teknik Pertanian* 16 (1): 31-33
- Surata, I. K. 2006. *Teknik Budidaya Cendana*. Tidak Diterbitkan. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Bali dan Nusa Tenggara.

- Sutini, 2008. Meningkatkan Produksi Flavon-3-ol Melalui Kalus *Camellia sinensis* L. dengan Elisitor Cu 2+. *Berkas Penelitian Hayati*: 14
- Wahyuni, S.R., Lestari, W dan Novriyanti, E. 2014. Induksi *In Vitro* Tanaman Gaharu (*Aquilaria microcarpa* Baill.) dari Eksplan Tunas Aksilar Dengan Penambahan 6-Benzylaminopurine (Bap). *Jomfmipa*. 1(2).
- Wattimena, G. A. 1988. *Bioteknologi Tanaman 1*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Wattimena, G.A. 1991. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. PAU Bioteknologi Tanaman. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Bogor
- Wattimena. 1992. *Bioteknologi Tanaman*. DEPDIKBUD, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB, Bogor.
- Werner, T. dan T. Schumling. 2009. *Cytokinin Action in Plant Development*. *Current Opinion in Plant Biology* 2009, 12 : 527-538
- Winarsih, S dan Priyono. 2000. "Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh terhadap Pembentukan dan Pengakaran Tunas Mikro pada Asparagus secara *In Vitro*." *J. Hort.* 10 (1): 11-17.
- Wetherel, D. F. 1982. *Pengantar Propagasi Tanaman secara In vitro*. Avery Publishing Group, Inc. New Jersey.
- Wijayani, Yuanita dan Mudyantini, W. 2007. Pertumbuhan Tunas dan Struktur Anatomi *Protocorm Like Body* Anggrek *Grammatophyllumscriptum* (Lindl.) Bl. dengan Pemberian Kinetin dan NAA. *Bioteknologi*. 4 (2): 33-40. ISSN: 0216-6887
- Wuzhouchem. 2016. Wanjie International. www.wuzhouchem.com (diakses pada 20 Februari 2016)
- Yuliarti, N. 2010. *Kultur Jaringan Tanaman Skala Rumah Tangga*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Yusnita, 2003. *Kultur Jaringan Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*. Jakarta: Agro Media Pustaka
- Yuswindasari, C. O. 2010. Kajian Penggunaan Berbagai Konsentrasi BA dan NAA terhadap Pembentukan Tunas Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Pada Kultur *In Vitro*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Surakarta. Universitas Negeri Sebelas Maret.

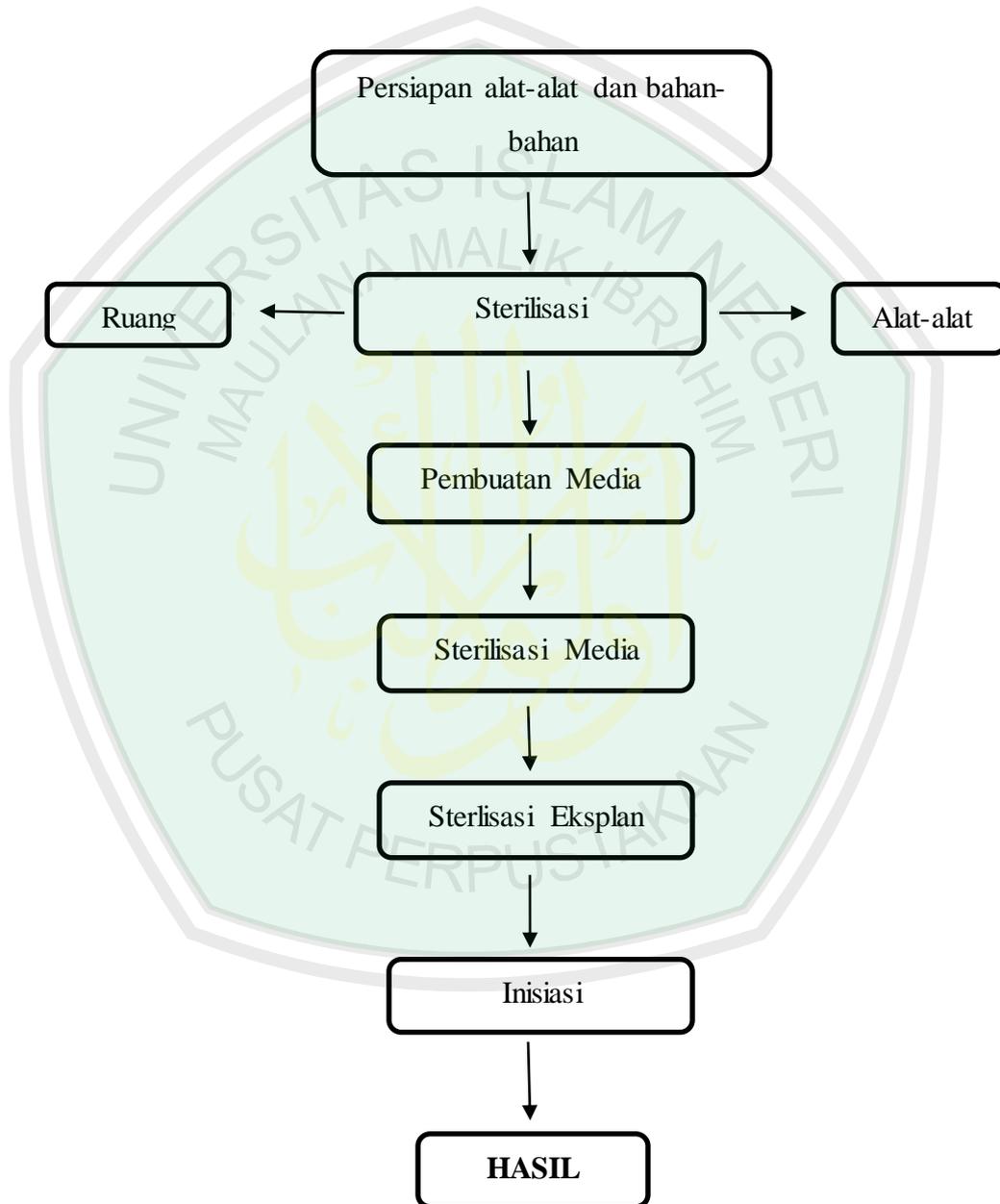
Zaer, J. S. dan Mapes M. O. 1985. Action of Growth Regulators. Hal 231-255

Zhang, Xian, S., Liu, Y. B dan Su, H. Y . 2011. Auxin–Cytokinin Interaction Regulates Meristem Development. *Molecular Plant*. 4 (4).



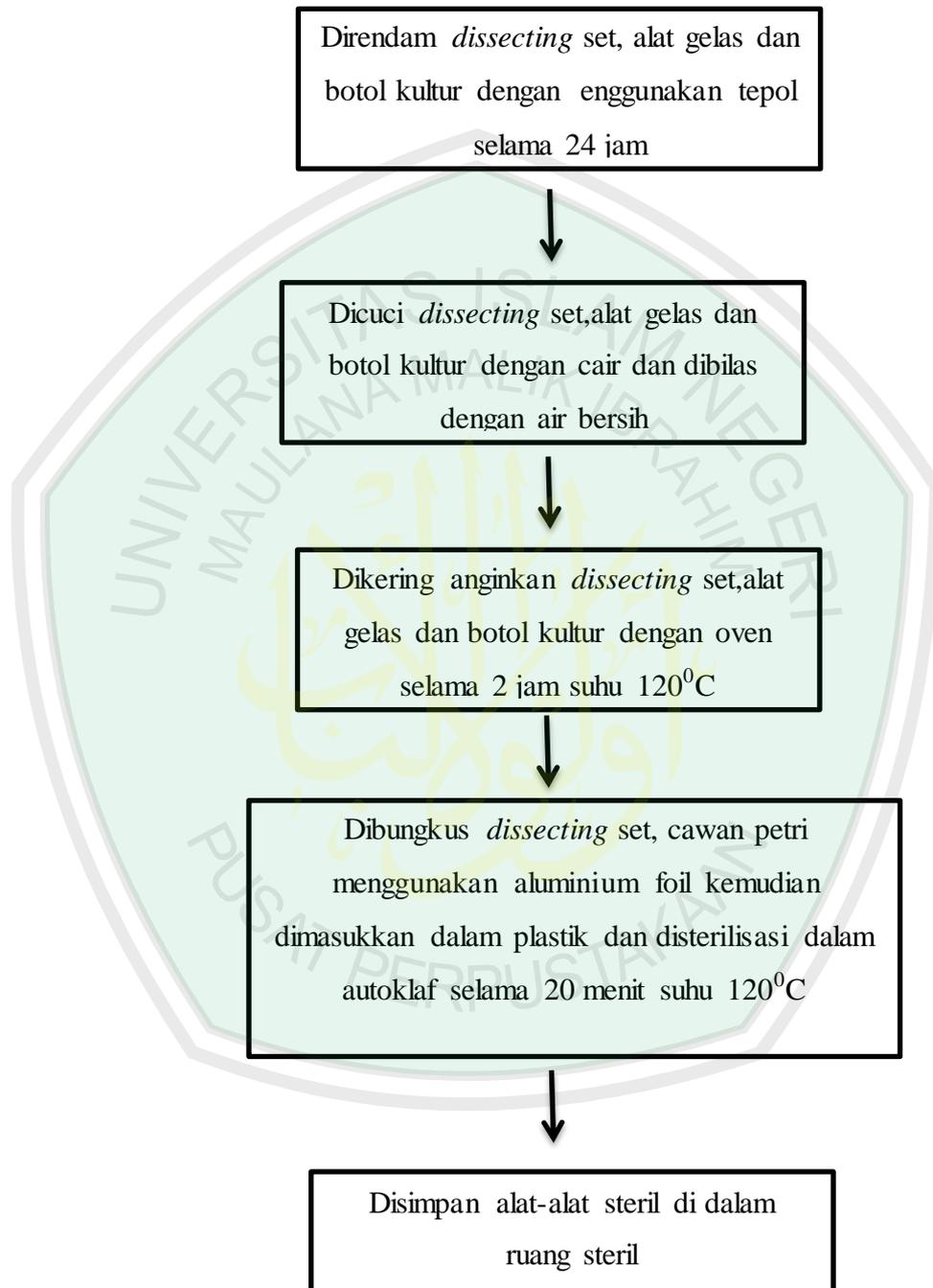
LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian

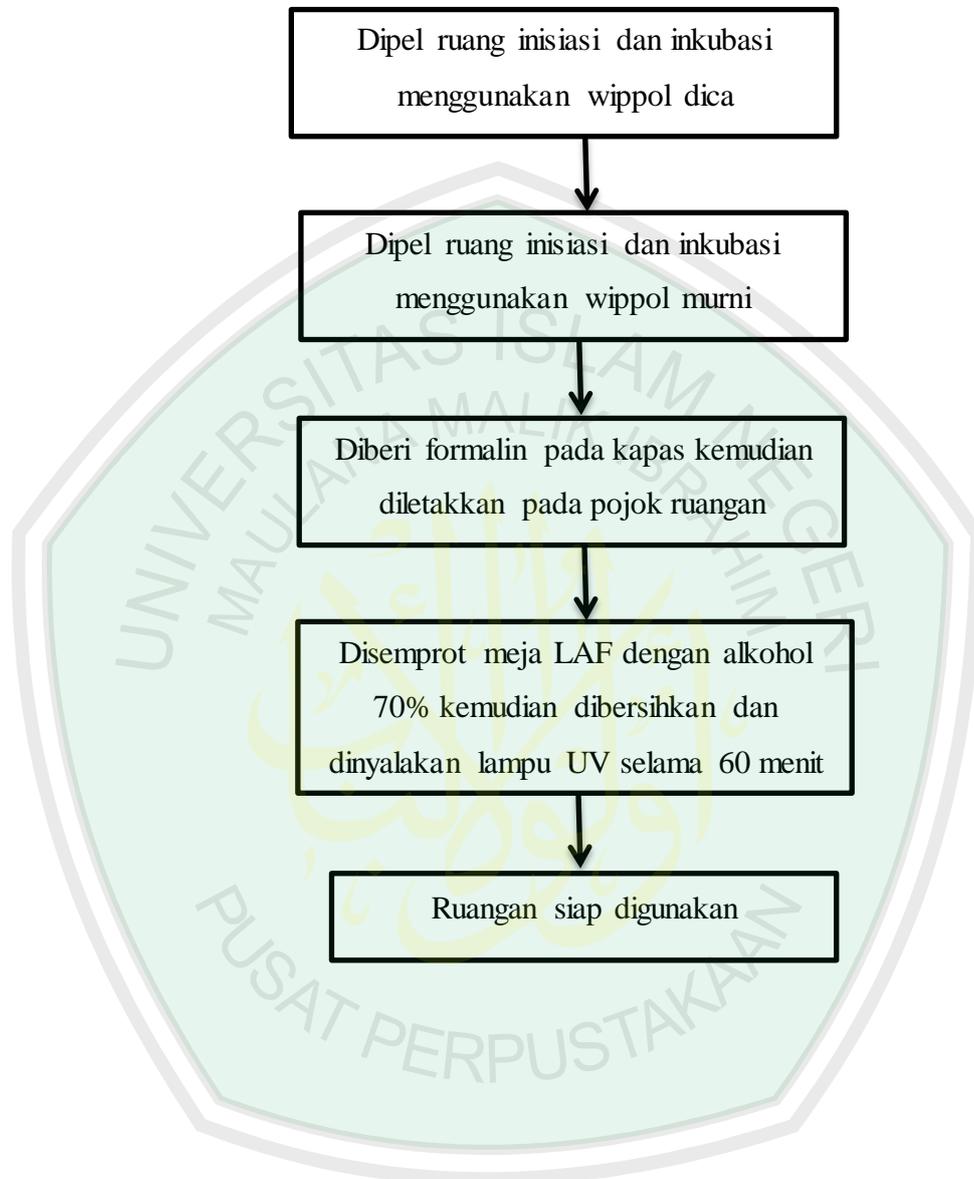


Lampiran 2. Skema Kerja Tahapan Sterilisasi

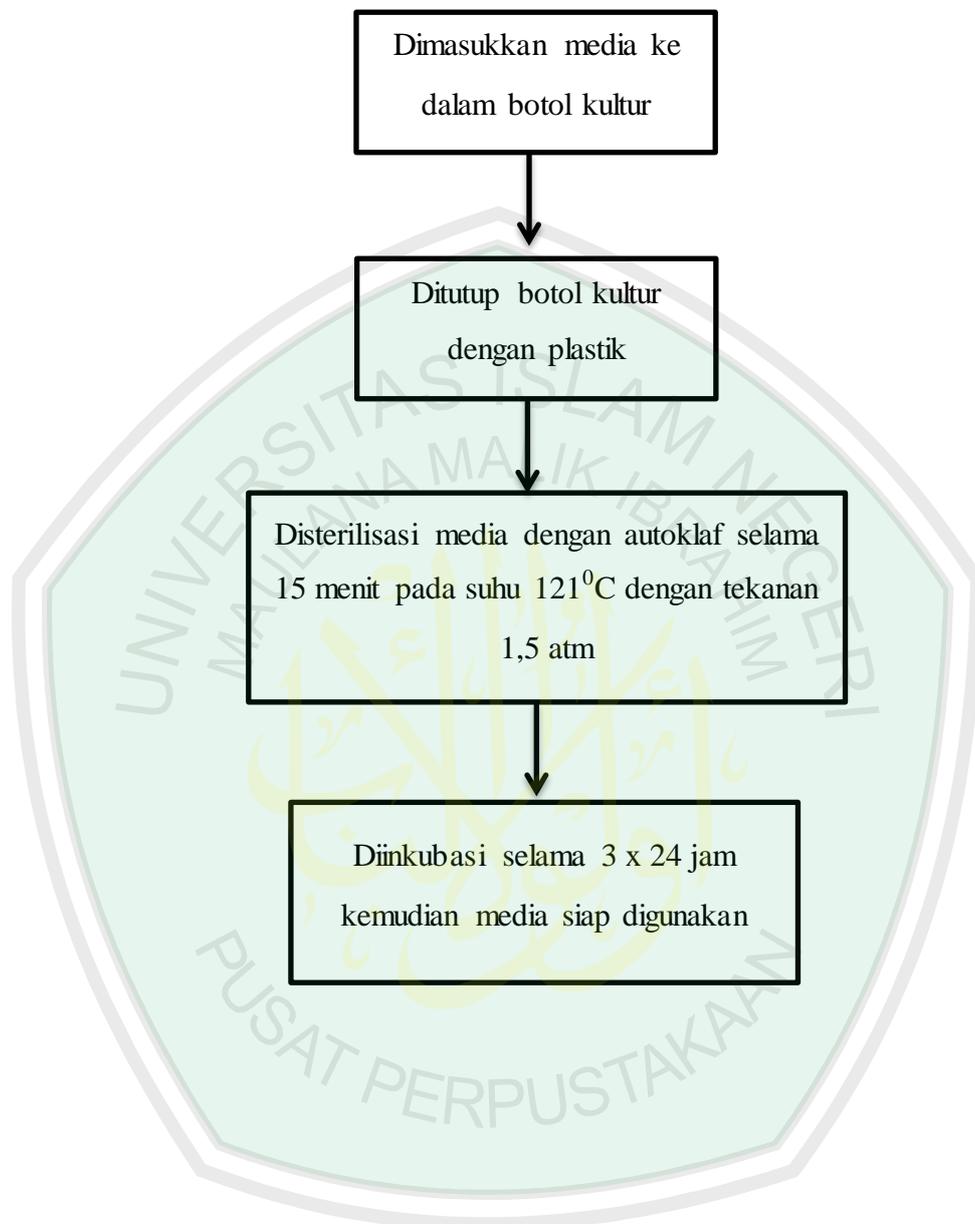
1. Sterilisasi Alat



2. Sterilisasi Ruang Tanam



3. Sterilisasi Media



Lampiran 3. Tabel Komposisi Media Murashige & Skoog (MS)

Stok	Senyawa	Per liter Stok	Pemakaian	
			Stok	Per liter medium
A	NH ₄ NO ₃	82,500 g	20,00 mL	1.650,000 mg
B	KNO ₃	95,000 g	20,00 mL	1.900,000 mg
C	KH ₂ PO ₃	34,000 g	5,00 mL	170,000 mg
	H ₃ BO ₃	1,240 g		6,200 mg
	KI	0,166 g		0,830 mg
	NaMoO ₄ .2H ₂ O	0,050 g		0,250 mg
	CoCl ₂ . 6H ₂ O	0,005 g		0,025 mg
	D	CaCl ₂ . 2H ₂ O	88,000 g	5,00 mL
E	MgSO ₄ . 2H ₂ O	74,000 g	5,00 mL	370,000 mg
	MnSO ₄ . 4H ₂ O	4,460 g		22,300 mg
F	ZnSO ₄ . 4H ₂ O	1,720 g		8,600 mg
	CuSO ₄ . 5H ₂ O	0,005 g		0,025 mg
	NaEDTA	7,460 g	5,00 mL	37,300 mg
	FeSO ₄ . 7H ₂ O	5,560 g		27,800 mg
	<i>Myo</i> -inositol	10,000 g	10,000 mL	100,000 mg
	Glisin	0,200 g		2,000 mg
	Niasin	0,050 g		0,500 mg
	Piridoksin-HCl	0,050 g		0,500 mg
	Tiamin-HCl	0,010 g		0,100 mg
	Sukrosa			
	Agar			

Lampiran 4. Tabel Data Hasil Pengamatan

1 . Data Pengamatan Hari Munculnya Tunas

No	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1	B0N0 0;0 mg/l	15	15	16
2.	B0N1 0;0,1 mg/l	15	9	9
3.	B0N2 0;0,25 mg/l	15	9	9
4.	B0N3 0;0,5 mg/l	15	9	15
5.	B1N0 0,5; 0 mg/l	10	12	11
6.	B1N1 0,5; 0,1 mg/l	10	10	10
7.	B1N2 0,5;0,5	10	12	12
8.	B1N3 0,5;0,5 mg/l	10	10	10
9.	B2N0 1;0 mg/l	9	10	9
10.	B2N1 1;0,1 mg/l	9	10	9
11.	B2N2 1;0,25 mg/l	9	10	11
12.	B2N3 1;0,5	5	5	6
13.	B3N0 2;0	10	11	10
14.	B3N1 2;0,1 mg/l	9	10	10
15.	B3N2 2;0,25 mg/l	16	15	10
16.	B3N3 2;0,5 mg/l	10	15	9

2. Data Pengamatan Jumlah Tunas Aksilar

No	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1	B0N0 0;0 mg/l	2	2	2
2.	B0N1 0;0,1 mg/l	4	2	2
3.	B0N2 0;0,25 mg/l	2	1	2
4.	B0N3 0;0,5 mg/l	3	1	2
5.	B1N0 0,5; 0 mg/l	3	2	2
6.	B1N1 0,5; 0,1 mg/l	2	2	1
7.	B1N2 0,5;0,5	2	3	2
8.	B1N3 0,5;0,5 mg/l	2	2	4
9.	B2N0 1;0 mg/l	3	2	2
10.	B2N1 1;0,1 mg/l	2	2	2
11.	B2N2 1;0,25 mg/l	2	2	1
12.	B2N3 1;0,5	5	4	4
13.	B3N0 2;0	5	3	2
14.	B3N1 2;0,1 mg/l	3	1	1
15.	B3N2 2;0,25 mg/l	3	2	2
16.	B3N3 2;0,5 mg/l	2	1	1

3. Panjang Tunas Aksilar

No	Perlakuan	Ulangan		
		1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)
1	B0N0 0;0 mg/l	0,35	0,40	0,60
2.	B0N1 0;0,1 mg/l	0,33	0,30	0,40
3.	B0N2 0;0,25 mg/l	0,55	0,60	0,40
4.	B0N3 0;0,5 mg/l	0,30	0,60	0,35
5.	B1N0 0,5; 0 mg/l	0,03	0,15	0,30
6.	B1N1 0,5; 0,1 mg/l	0,40	0,25	0,20
7.	B1N2 0,5;0,5	0,06	0,43	0,35
8.	B1N3 0,5;0,5 mg/l	0,50	0,40	0,25
9.	B2N0 1;0 mg/l	0,27	0,30	0,40
10.	B2N1 1;0,1 mg/l	0,45	0,45	0,45
11.	B2N2 1;0,25 mg/l	0,20	0,25	0,30
12.	B2N3 1;0,5	0,52	0,35	0,28
13.	B3N0 2;0	0,24	0,40	0,55
14.	B3N1 2;0,1 mg/l	0,33	0,60	0,40
15.	B3N2 2;0,25 mg/l	0,43	0,40	0,25
16.	B3N3 2;0,5 mg/l	0,50	0,60	0,60

4. Data Pengamatan Jumlah Daun

No	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1	B0N0 0;0 mg/l	1,5	1	3
2.	B0N1 0;0,1 mg/l	1,25	1,50	1,50
3.	B0N2 0;0,25 mg/l	3	3	3
4.	B0N3 0;0,5 mg/l	1,66	5	1,50
5.	B1N0 0,5; 0 mg/l	1,33	1,00	2,50
6.	B1N1 0,5; 0,1 mg/l	2,00	1,50	0
7.	B1N2 0,5;0,5	1	1,56	1,45
8.	B1N3 0,5;0,5 mg/l	4	2,50	1
9.	B2N0 1;0 mg/l	1	2,5	2,5
10.	B2N1 1;0,1 mg/l	2,5	2,5	2,5
11.	B2N2 1;0,25 mg/l	1	2	2
12.	B2N3 1;0,5	1,4	1,5	1,25
13.	B3N0 2;0	1,80	2,60	3,00
14.	B3N1 2;0,1 mg/l	2,30	3	3
15.	B3N2 2;0,25 mg/l	1,66	3	0,5
16.	B3N3 2;0,5 mg/l	4	5	4

Lampiran 5. Analisis Data Perhitungan ANOVA

1. a. Hasil ANOVA pada hari muncul tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	215.479 ^a	15	14.365	3.707	.001
Intercept	5525.521	1	5525.521	1425.941	.000
Perlakuan	215.479	15	14.365	3.707	.001
Error	124.000	32	3.875		
Total	5865.000	48			
Corrected Total	339.479	47			

a. R Squared = ,635 (Adjusted R Squared = ,464)

- b. Hasil uji DMRT 5% pada hari muncul tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
12.00	3	5.3333			
9.00	3		9.3333		
10.00	3		9.3333		
14.00	3		9.6667		
6.00	3		10.0000	10.0000	
8.00	3		10.0000	10.0000	
11.00	3		10.0000	10.0000	
13.00	3		10.3333	10.3333	
2.00	3		11.0000	11.0000	
3.00	3		11.0000	11.0000	
5.00	3		11.0000	11.0000	
7.00	3		11.3333	11.3333	
16.00	3		11.3333	11.3333	
4.00	3		13.0000	13.0000	13.0000
15.00	3			13.6667	13.6667
1.00	3				15.3333
Sig.		1.000	.064	.061	.180

2. a. Hasil ANOVA pada hari jumlah tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	24.813 ^a	15	1.654	2.561	.013
Intercept	247.521	1	247.521	383.258	.000
Perlakuan	24.813	15	1.654	2.561	.013
Error	20.667	32	.646		
Total	293.000	48			
Corrected Total	45.479	47			

a. R Squared = ,546 (Adjusted R Squared = ,333)

- b. Hasil uji DMRT 5% pada jumlah tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
16.00	3	1.3333		
3.00	3	1.6667		
6.00	3	1.6667		
11.00	3	1.6667		
14.00	3	1.6667		
1.00	3	2.0000	2.0000	
4.00	3	2.0000	2.0000	
10.00	3	2.0000	2.0000	
5.00	3	2.3333	2.3333	
7.00	3	2.3333	2.3333	
9.00	3	2.3333	2.3333	
15.00	3	2.3333	2.3333	
2.00	3	2.6667	2.6667	
8.00	3	2.6667	2.6667	
13.00	3		3.3333	3.3333
12.00	3			4.3333
Sig.		.098	.093	.137

3. a. Hasil ANOVA pada panjang tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.475 ^a	15	.032	2.302	.023
Intercept	6.756	1	6.756	491.224	.000
Perlakuan	.475	15	.032	2.302	.023
Error	.440	32	.014		
Total	7.671	48			
Corrected Total	.915	47			

a. R Squared = ,519 (Adjusted R Squared = ,294)

b. Hasil uji DMRT 5% pada panjang tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
5.00	3	.1610			
11.00	3	.2500	.2500		
7.00	3	.2783	.2783		
6.00	3	.2833	.2833		
9.00	3	.3222	.3222	.3222	
2.00	3	.3417	.3417	.3417	.3417
15.00	3	.3610	.3610	.3610	.3610
12.00	3	.3817	.3817	.3817	.3817
8.00	3	.3833	.3833	.3833	.3833
13.00	3		.3967	.3967	.3967
4.00	3		.4167	.4167	.4167
14.00	3		.4433	.4433	.4433
1.00	3		.4500	.4500	.4500
10.00	3		.4500	.4500	.4500
3.00	3			.5167	.5167
16.00	3				.5667
Sig.		.054	.088	.095	.054

4. a. Hasil ANOVA pada jumlah daun terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	29.875 ^a	15	1.992	2.509	.014
Intercept	220.635	1	220.635	277.960	.000
Perlakuan	29.875	15	1.992	2.509	.014
Error	25.400	32	.794		
Total	275.911	48			
Corrected Total	55.276	47			

a. R Squared = ,540 (Adjusted R Squared = ,325)

b. Hasil uji DMRT 5% pada panjang tunas aksilar terhadap induksi tunas aksilar Cendana (*Santalum album L.*) secara *in vitro*

Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
6.00	3	1.1667		
12.00	3	1.3833	1.3833	
7.00	3	1.3867	1.3867	
2.00	3	1.4167	1.4167	
5.00	3	1.6100	1.6100	
11.00	3	1.6667	1.6667	
15.00	3	1.7200	1.7200	
1.00	3	1.8333	1.8333	
9.00	3	2.0000	2.0000	
10.00	3	2.3333	2.3333	
13.00	3	2.4667	2.4667	
8.00	3	2.5000	2.5000	
4.00	3	2.7200	2.7200	
14.00	3	2.7667	2.7667	
3.00	3		3.0000	3.0000
16.00	3			4.3333
Sig.		.074	.071	.076

Lampiran 6. Perhitungan Pengambilan Larutan stok

1. Perlakuan Pemberian NAA (stok NAA 100 ppm)

a. Konsentrasi 0,1 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 0,1 \times 62,5$$

$$V1 = 0,0625 \text{ ml}$$

c. Konsentrasi 0,5 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 0,5 \times 62,5$$

$$V1 = 0,3125 \text{ ml}$$

b. Konsentrasi 0,25 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 0,25 \times 62,5$$

$$V1 = 0,156 \text{ ml}$$

2. Perlakuan Pemberian BAP (stok NAA 100 ppm)

a. Konsentrasi 0,5 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 0,5 \times 62,5$$

$$V1 = 0,3125 \text{ ml}$$

c. Konsentrasi 2 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 2 \times 62,5$$

$$V1 = 1,25 \text{ ml}$$

b. Konsentrasi 1 mg/l

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \times V1 = 1 \times 62,5$$

$$V1 = 0,625 \text{ ml}$$

Lampiran 7. Gambar alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

Timbangan Analitik



Timbangan



Autoklaf



Refregenator



Hotplate Strirer



Kompor + panci pemanas



Oven

LAF (*Laminar Air Flow*)



(Media MS, Gula, Agar, NaOH, HCl, Indikator pH, Karet dan Plastik tahan panas, botol kultur, spatula, gelas ukur dan stirer)



(Cawan petri, bayclin(clorox), korek, alat-alat diseksi, plastik wrapping)



(alkohol 70%, Alkohol 96%, dan Spirtus)



(air steril, botol steril)



(media steril)



(Rak inkubasi)

Lampiran 8. Foto Kegiatan Penelitian

Hasil inisiasi nodus Cendana yang disimpan dalam tuang inkubasi



Tanaman Cendana yang akan digunakan sebagai eksplan



Proses inisiasi Cendana



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Malang (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Imaniah Bazlina Wardani
 NIM : 12620040
 Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
 Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi BAP (6-Benzyl Amino Purine) dan NAA (Naphthalen Acetic Acid) terhadap Induksi Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*)
 Pembimbing : Ruri Siti Resmuisari, M.Si

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	12 Januari 2016	Konsultasi Judul	1. Rusf.
2.	14 Januari 2016	Konsultasi Bab I	2. Rusf
3.	18 Januari 2016	Revisi Bab I	3. Rusf
4.	21 Januari 2016	Revisi Bab I, Konsultasi Bab III	4. Rusf
5.	1 Februari 2016	Konsultasi Bab II, dan III	5. Rusf
6.	8 Februari 2016	Revisi Bab II dan III	6. Rusf
7.	15 Februari 2016	Revisi Bab I, II, dan III	7. Rusf
8.	30 Februari 2016	ACC Bab I, II, dan III	8. Rusf
9.	12 Juni 2016	Konsultasi Data	9. Rusf
10.	16 Juni 2016	Konsultasi IV dan V	10. Rusf
11.	20 Juni 2016	Revisi Bab IV dan V	11. Rusf
12.	21 Juni 2016	ACC Keseluruhan	12. Rusf

Malang, 1 Juli 2016
 Mengetahui,
 Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evha Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Malang (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Imaniah Bazlina Wardani
 NIM : 12620040
 Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
 Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi BAP (6-Benzyl Amino Purine) dan NAA (Naphthalen Acetic Acid) terhadap Induksi Tunas Aksilar Cendana (*Santalum album L.*)

Pembimbing : M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	24 Mei 2016	Konsultasi Bab 1 dan 2 Agama	1.
2	3 Juni 2016	Revisi Bab 1 dan 2 Agama	2.
3	16 Juni 2016	Konsultasi Bab IV Agama	3.
4	23 Juni 2016	ACC Keseluruhan Agama	4.

Malang, 1 Juli 2016
 Mengetahui,
 Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002