

**EMBRIOGENESIS SOMATIK LANGSUNG DAN  
EMBRIOGENESIS SOMATIK TIDAK LANGSUNG PADA  
TANAMAN CENDANA (*Santalum album* L.)**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



Disusun oleh  
Windi Dyah Nur'aini  
18106040020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2023**

# PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1541/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : Embriogenesis Somatik Langsung dan Embriogenesis Somatik Tidak Langsung pada Tanaman Cendana (*Santalum album* L.)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : WINDI DYAH NUR'AINI  
Nomor Induk Mahasiswa : 18106040020  
Telah diujikan pada : Rabu, 31 Mei 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si  
SIGNED

Valid ID: 6492b0a81a879



Penguji I

Dr. Ir. Toni Herawan, MP.  
SIGNED

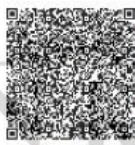
Valid ID: 64911105a97b0



Penguji II

Shilfiana Rahayu, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 64929612b9cac



Yogyakarta, 31 Mei 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6493a526df7b6

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Windi Dyah Nur'aini

NIM : 18106040020

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya skripsi saya ini adalah asli hasil karya atau penelitian penulis sendiri dan bukan plagiasi dari hasil karya orang lain kecuali pada bagian yang dirujuk sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh anggota dewan penguji.

Yogyakarta, 22 Mei 2023

Yang menyatakan,



**Windi Dyah Nur'aini**

NIM. 18106040020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

# SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-02/R0

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Windi Dyah Nur'aini  
NIM : 18106040020  
Judul Skripsi : Embriogenesis Somatik Langsung dan Embriogenesis Somatik Tidak Langsung pada tanaman Cendana (*Santalum album L.*)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing 1,

Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si.  
NIP. 19800207 200912 2 002

Yogyakarta, 25 Mei 2023

Pembimbing 2

Dr. Ir. Toni Herawan, M.P.  
NIP. 19641226 199101 1 001

## MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

- QS. Al-Insyirah: 5-6 -



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta, saya ucapkan terimakasih yang tak terhingga atas kasih sayang, pengorbanan, nasehat dan doa yang selalu mengalir untuk saya.
2. Guru dan dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmunya, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan kepada saya.
3. Almamater Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas Rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Embriogenesis Somatik Langsung dan Embriogenesis Somatik Tidak Langsung pada Tanaman Cendana (*Santalum album L.*)**” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, masukan dan dorongan dari berbagai pihak, baik secara moril dan materil. Seiring doa dan harapan, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan banyak hal kepada penulis sehingga penulis mendapat tambahan ilmu dan menyelesaikan studi dengan baik.
2. Ibu Najda Rifqiyati, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing, mengarahkan dan memberi nasehat selama penulis menjadi mahasiswa.
3. Ibu Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing 1 dengan penuh kesabaran memberikan pengarahan, saran, dan bimbingannya dalam penelitian dan penulisan skripsi penulis hingga selesai.
4. Bapak Dr. Ir. Toni Herawan, MP., selaku dosen pembimbing 2 dari Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah banyak membantu penulis selama penelitian hingga selesainya penulisan skripsi ini.
5. Ibu Anif Yuni Mualifah S.Pd.I., dan Bapak Dony Eko Saputro, S.Pd.I., selaku PLP

laboratorium yang telah banyak membantu, mengarahkan dan membimbing penulis selama melakukan penelitian di laboratorium embriologi, UIN Sunan Kalijaga.

6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga atas segala didikan yang penulis terima selama menjadi mahasiswa hingga mampu menyelesaikan tugas akhir.
7. Teman seperjuangan Program Studi Biologi angkatan 2018 yang selalu memberikan motivasi, semangat, bantuan dan dukungannya kepada penulis.
8. Teman-teman organisasi IMM yang telah memberikan bantuan dan semangatnya, serta teman-teman dari bidang Medkom (Ipan dan Paaz) yang telah kebersamai dan memberikan motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Kakak tingkat yang telah memberikan bantuannya dalam penyusunan tugas akhir.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan sumbangan pemikiran, doa dan semangat sehingga terselesainya skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca. *Amin Ya Robbal 'Alamiin.*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 25 Mei 2023

Penulis



# **Embriogenesis Somatik Langsung dan Embriogenesis Somatik Tidak Langsung pada Tanaman Cendana (*Santalum album L.*)**

Windi Dyah Nur'aini  
18106040020

## **Abstrak**

Cendana (*Santalum album L.*) memiliki banyak manfaat diberbagai bidang, namun keberadaannya terancam punah. Embriogenesis somatik menjadi salah satu teknik alternatif untuk memperbanyak tanaman cendana secara *in vitro* karena diketahui mampu menghasilkan banyak embrio dalam waktu singkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sumber eksplan dan komposisi media yang optimal untuk menginduksi embrio somatik dan kalus embriogenik cendana. Penelitian dilakukan menggunakan RAL dengan 4 kelompok faktor dan 3 kali ulangan. Parameter yang diamati yaitu waktu muncul kalus dan embrio somatik, persentase terbentuknya kalus embriogenik dan embrio somatik, jumlah embrio somatik, berat basah kalus embriogenik serta morfologi dan anatomi embrio somatik dan kalus embriogenik. Hasil penelitian menunjukkan waktu muncul embrio somatik tercepat, persentase terbentuknya embrio somatik terbesar dan jumlah embrio somatik terbanyak terjadi pada sumber eksplan dan media perlakuan yang berbeda. Eksplan internodus dan media MS+TDZ 3 mg/l memberikan hasil yang cukup baik pada ketiga parameter tersebut. Fase embrio somatik yang ditemukan terdiri dari fase globular, hati, torpedo dan kotiledon. Kalus embriogenik dihasilkan pada perlakuan eksplan daun dengan media MS+NAA 0,01 mg/l+2,4-D 1 mg/l, setelah 30,5 hst dengan berat 0,0853 gram. Secara morfologi dan anatomi, kalus yang dihasilkan bersifat embriogenik. Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa sumber eksplan dan konsentrasi zpt yang ditambahkan pada media memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan embrio somatik dan kalus embriogenik cendana.

Kata Kunci: Cendana; Embriogenesis Somatik; TDZ; 2,4-D; Daun; Internodus

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

***Direct Somatic Embryogenesis and Indirect Somatic Embryogenesis in Sandalwood Plants  
(Santalum album L.)***

Windi Dyah Nur'aini  
18106040020

***Abstract***

*Sandalwood (Santalum album L.) has many benefits in various fields, but its existence is endangered. Somatic embryogenesis is an alternative technique for in vitro propagation of sandalwood plants because it is known to be able to produce many embryos in a short time. The purpose of this study was to determine the effect of explant source and optimal media composition to induce somatic embryos and sandalwood embryogenic callus. The study was conducted using RAL with 4 factor groups, with 3 repetitions. The parameters observed were the time of appearance of callus and somatic embryos, the percentage of embryogenic callus and somatic embryos formed, the number of somatic embryos, the fresh weight of embryogenic callus and the morphology and anatomy of somatic embryos and embryogenic callus. The results showed that the fastest time for somatic embryos to appear, the highest percentage of somatic embryos formed and the highest number of somatic embryos occurred in explant sources and different treatment media. Internodal explants and MS+TDZ 3 mg/l media gave quite good results for these three parameters. The somatic embryonic phase found is globular, liver, torpedo and cotyledon phases. Embryogenic callus was produced when leaf explant were treated with MS+NAA 0.01 mg/l+2,4-D 1 mg/l, after 30.5 hst with a weight of 0.0853 grams. Morphologically and anatomically, the resulting callus is embryogenic. Based on the results, it can be concluded that the explant source and zpt concentration added to the media have an effect on the growth of somatic embryos and sandalwood embryogenic callus.*

*Keywords: Sandalwood; Somatic Embryogenesis; TDZ; 2,4-D; Leaf; Internodal*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
A. Cendana ( <i>Santalum album L.</i> ).....	7
B. Kultur Jaringan .....	11
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Embriogenesis Somatik.....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
B. Rancangan Penelitian.....	22
C. Variabel yang Diamati .....	23
D. Alat dan Bahan Penelitian .....	24
E. Metode Penelitian .....	25
F. Pengambilan Data.....	27

G. Analisis Data.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
A. Embriogenesis Somatik Langsung .....	31
B. Embriogenesis Somatik Tidak Langsung .....	42
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
A. Kesimpulan .....	54
B. Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perlakuan embriogenesis somatik langsung menggunakan eksplan daun dan internodus dengan penambahan kombinasi media yang berbeda-beda.....	23
Tabel 2. Perlakuan embriogenesis somatik tidak langsung menggunakan eksplan daun dan internodus dengan penambahan kombinasi media yang bervariasi.....	23



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Morfologi cendana a) batang, b) daun, c) bunga, d) buah muda, e) buah tua (Dokumentasi pribadi, 2022)..... 8
- Gambar 2. Waktu kemunculan embrio somatik secara langsung pada eksplan daun dan internodus cendana dengan variasi perlakuan medium yang berbeda. (M1T1) media 1MS + zpt TDZ 1 mg/l, (M1T2) media 1MS + zpt TDZ 3 mg/l, (M1T3) media 1MS + zpt TDZ 5 mg/l, (M2T1) media ½ MS + zpt TDZ 1 mg/l, (M2T2) media ½ MS + zpt TDZ 3 mg/l, dan (M2T3) media ½ MS + zpt TDZ 5 mg/l. hari setelah tanam (hst) ..... 32
- Gambar 3. Persentase eksplan daun dan internodus yang membentuk embrio somatik secara langsung pada enam media tanam yang berbeda..... 34
- Gambar 4. Jumlah embrio somatik yang muncul secara langsung pada eksplan daun dan internodus cendana dengan variasi perlakuan medium yang berbeda..... 35
- Gambar 5. Morfologi embrio somatik yang terbentuk pada eksplan daun dan internodus cendana (*Santalum album* L.) secara in vitro. A. Pembentukan proembrio (PE) dan embrio globular (GE) secara langsung pada permukaan eksplan daun. B. Struktur embrio somatik fase globular (panah) pada eksplan internodus. C. Struktur embrio somatik fase globular (panah) dengan suspensor. D. Struktur embrio somatik fase hati (panah), terdapat tonjolan pada bagian ujungnya yang akan berkembang membentuk calon daun. E. Struktur embrio somatik fase torpedo (panah), nampak cirinya yaitu adanya pemanjangan dan mulai tampak jelas adanya struktur yang menyerupai calon daun. F. Struktur kotiledon (panah) dengan ciri sudah nampak jelas calon pucuk dan terdapat struktur koleoptil di samping kanan kirinya ..... 39

Gambar 6. Gambaran histologi perkembangan embrio somatik *Santalum album* L. A. Sel-sel embriogenik dan proembrio yang aktif membelah. B. Fase globular, tampak bagian apikal tersusun dari sel-sel yang berukuran kecil dan menyerap warna kuat, sedangkan pada bagian basalnya tersusun dari sel-sel yang berukuran lebih besar dan relatif sama. C. Terbentuk tonjolan pada bagian apical embrio somatik, di bagian terluar terdapat selapis sel yang tersusun teratur. D. Dua tonjolan (T) semakin memanjang dan terbentuk takik (panah) pada bagian tengahnya, terdapat embrio somatik fase globular (EG) dengan suspensor (S). E. Struktur kotiledon dengan prokambium, meristem apikal, dan primordia daun. F. struktur meristem apikal dan primordia daun (PD) ..... 41

Gambar 7. Penampakan perkembangan eksplan daun pada perlakuan D1 (MS+NAA 0,01 mg/l+2,4-D 1 mg/l)..... 43

Gambar 8. Morfologi kalus embriogenik pada eksplan daun perlakuan D1 dengan perbesaran 2x10 menggunakan mikroskop stereo ..... 48

Gambar 9. Anatomi kalus embriogenik pada eksplan daun perlakuan D1 dengan perbesaran 40x10 menggunakan mikroskop binokuler ..... 50

Gambar 10. Eksplan dan media yang terkontaminasi jamur ..... 51

Gambar 11. Eksplan internodus yang mengalami *browning* dan tidak menunjukkan adanya pertumbuhan dan perkembangan embriogenesis somatik ..... 52

Gambar 12. Eksplan daun (A) dan internodus (B) yang mengalami nekrosis..... 53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian .....	63
Lampiran 2. Bahan Pembuatan Preparat.....	65
Lampiran 3. Curriculum Vitae.....	66





# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Cendana (*Santalum album* L.) merupakan tanaman endemik Indonesia. Tanaman cendana memiliki kandungan minyak atsiri berupa santalol dengan aroma wangi khas yang banyak terkandung dalam kayu terasnya (Arianti dan Yenni, 2018). Selain sebagai pemberi aroma wangi (parfum), minyak atsiri pada cendana juga dapat digunakan untuk menyembuhkan berbagai penyakit seperti sakit perut, sakit kepala, *gonorrhoea*, antibakteri, antikanker terutama kanker kulit, papilloma, dan menghambat replikasi virus herpes simplex tipe 1 dan 2 (Agusta dan Yuliasri, 2001). Tanaman cendana dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat yaitu kayu dan minyaknya untuk upacara adat, upacara kematian, bahan baku kerajinan dan kosmetik (Ginting, 2018).

Keunggulan dari kayu cendana tersebut membuat tanaman cendana memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga menarik dan meningkatkan permintaan dunia internasional. Kegiatan eksploitasi cendana yang melebihi kapasitas reproduksinya serta adanya konversi hutan cendana menjadi lahan pertanian, pemukiman dan perindustrian menyebabkan kelangkaan populasi cendana di tingkat regional maupun dunia (Seran *et al.*, 2018). Berdasarkan data *International Union for Conservation of Natural Resource* (IUCN), tanaman cendana termasuk ke dalam kategori *vulnerable* atau rentan mengalami kepunahan (IUCN, 2018).

Hal tersebut mengindikasikan bahwa penyelamatan cendana perlu dilakukan sebagai bentuk regenerasi secara masal dengan menggunakan teknik budidaya yang mendukung. Perbanyakan cendana secara konvensional telah dilakukan diantaranya dengan perkecambahan

biji ataupun stek, namun teknik konvensional ini memiliki persentase keberhasilan yang rendah disebabkan oleh berbagai faktor lingkungan (Herawan *et al.*, 2015). Selain itu, kematian bibit cendana juga cukup tinggi apabila ditanam langsung di tanah dan waktu dormansi biji cendana membutuhkan waktu yang cukup lama (Surata, 2006). Perbanyak cendana dengan metode konvensional menemui banyak kendala secara teknis, waktu maupun kualitas (Basri, 2016).

Teknik kultur jaringan mampu menghasilkan bibit dalam jumlah banyak tanpa memerlukan indukan yang banyak dengan waktu tumbuh yang relatif singkat sehingga dapat menjadi alternatif untuk perbanyak bibit cendana. Selain itu, kultur jaringan juga dapat dilakukan dilahan yang sempit, menghasilkan varietas tanaman yang unggul serta mampu meningkatkan kandungan senyawa metabolit sekunder (Basri, 2016). Perbanyak cendana secara *in vitro* dapat dilakukan dengan cara organogenesis dan embriogenesis somatik. Menurut Purnamaningsih (2004), perbanyak bibit dengan embriogenesis somatik dapat menghasilkan propagul dalam jumlah tidak terbatas dan cepat, mampu mendukung program pemuliaan tanaman melalui teknik rekayasa genetika, mempercepat keberhasilan peluang transformasi lebih tinggi, embrio somatik dapat dihasilkan dari satu sel somatik serta dapat disimpan dalam jangka waktu yang panjang.

Keberhasilan kultur *in vitro* ditentukan oleh beberapa faktor seperti eksplan tanaman dan media tanam yang digunakan. Menurut Anggraeni *et al* (2012), eksplan yang bersifat meristematik memiliki keberhasilan untuk membentuk embrio somatik lebih tinggi, hal ini disebabkan karena jaringan meristematik memiliki kemampuan regenerasi yang tinggi. Selain itu, interaksi antara media tanam dan zat pengatur tumbuh (ZPT) yang sesuai dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Media yang umum digunakan untuk

kultur jaringan adalah media *Murashige and Skoog* (MS) yang memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan eksplan tanaman (Silalahi, 2013). Konsentrasi media yang digunakan juga memberikan pengaruh terhadap hasil kultur. Perbedaan konsentrasi media MS berpengaruh terhadap kecepatan pembelahan sel dan jumlah embrio somatik yang dihasilkan. Konsentrasi media MS yang digunakan dalam kultur jaringan dapat diformulasikan menjadi 1 dan  $\frac{1}{2}$  konsentrasi MS (Rofiqoh, 2018). Penggunaan media  $\frac{1}{2}$  MS yang dikombinasikan dengan TDZ maupun NAA pada kultur dengan eksplan daun dapat menginduksi kalus embriogenik (Juntada *et al.*, 2015).

Pembentukan embrio somatik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan embriogenesis somatik langsung dan embriogenesis somatik tidak langsung. Embriogenesis somatik langsung membentuk embrio somatik pada eksplan tanpa melalui proses kalus, sedangkan embriogenesis somatik tidak langsung membentuk embrio somatik dengan melalui proses kalus terlebih dahulu. Induksi kalus embriogenik pada embriogenesis somatik tidak langsung memerlukan media yang mengandung auksin dengan konsentrasi tinggi. Terdapat berbagai macam zpt auksin yang berkonsentrasi tinggi yang dapat digunakan dalam embriogenesis somatik tidak langsung. Menurut Lestari (2011), untuk memproduksi kalus embriogenik digunakan auksin kuat seperti 2,4-D, dicamba atau picloram. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) merupakan auksin yang lebih efektif untuk menginduksi kalus embriogenik (Anggraen *et al.*, 2012).

Hasil penelitian Zhang *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penambahan zpt 2,4-D mampu menginduksi embrio somatik baik secara langsung maupun tidak langsung. Hasil penelitian Peeris dan Senarath (2015) menunjukkan bahwa penambahan 2,5 mg/L 2,4-D pada media MS mampu menginduksi kalus embriogenik pada eksplan daun, nodus dan biji masak

tanaman cendana. Hal ini senada dengan hasil penelitian Astuti *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa konsentrasi 2 mg/L dan 3 mg/L 2,4-D mampu membentuk embrio somatik dengan tekstur kalus remah dan berwarna hijau kekuningan. Penambahan zpt NAA akan mempercepat proses induksi kalus (Yulianti dan Bustaman, 2020). NAA juga termasuk golongan auksin sintesis memiliki sifat yang stabil karena tidak mudah terurai (Hendaryono dan Wijayani, 1994).

Pada tahap pembentukan embrio fase globular dan hati sering digunakan zpt sitokinin seperti benzyl adenin atau yang mempunyai peran fisiologis yang sama yaitu thidiazuron (Husni *et al.*, 1997). Menurut Lestari (2011), zpt golongan sitokinin yang dapat digunakan dalam embriogenesis somatik langsung adalah BA, kinetin, 2ipP, zeatin dan TDZ. Penggunaan TDZ dapat dilakukan dengan konsentrasi rendah, meningkatkan kerja sitokinin endogen, meningkatkan pembelahan sel dan sintesis protein dalam proses induksi embrio somatik (Novita, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa zpt TDZ mampu menghasilkan embrio somatik secara langsung pada penelitian Mose *et al.* (2017), Ghosh *at al.* (2018), dan Liang *et al.* (2020).

Pemilihan eksplan dalam kultur jaringan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan kultur jaringan. Menurut Rahayu *et al.* (2003), keberhasilan terbentuknya kalus dipengaruhi adanya kambium. Bagian batang dan daun muda tanaman memiliki daerah kambium yang bersifat meristematik sehingga selnya masih aktif membelah. Keberadaan kambium pada eksplan akan meningkatkan keberhasilan pembentukan kalus dan embrio somatik (Rahayu *et al.*, 2003). Penambahan zpt 2,4-D pada eksplan batang dan daun Ngukilo dapat menginduksi terbentuknya kalus pada penelitian Suyitno & Henuhili (2011).

Berdasarkan latar belakang maka dilakukanlah penelitian dengan tujuan untuk memperoleh perlakuan terbaik embriogenesis somatik langsung dan embriogenesis somatik tidak langsung dari eksplan daun dan internodus cendana (*Santalum album L.*).

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh sumber eksplan daun dan internodus pada induksi embriogenesis somatik secara langsung dan tidak langsung tanaman cendana?
2. Berapa konsentrasi zpt TDZ dan 2,4-D terbaik untuk menginduksi embriogenesis somatik langsung dan tidak langsung pada eksplan daun dan internodus cendana yang diuji?
3. Berapa konsentrasi media MS terbaik untuk menginduksi embrio somatik secara langsung pada eksplan daun dan internodus cendana?

## **C. Tujuan**

1. Menganalisis pengaruh sumber eksplan daun dan internodus pada induksi embriogenesis somatik langsung dan tidak langsung tanaman cendana.
2. Menganalisis konsentrasi zpt TDZ dan 2,4-D terbaik untuk induksi embriogenesis somatik langsung dan tidak langsung pada eksplan daun dan internodus cendana yang diuji.
3. Menganalisis konsentrasi media MS terbaik untuk menginduksi embrio somatik secara langsung pada eksplan daun dan internodus cendana.

## **D. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh sumber eksplan, komposisi media dan teknik kultur jaringan khususnya embriogenesis somatik tanaman cendana secara *in vitro*.

2. Sebagai referensi pengaplikasian zpt untuk embriogenesis somatik langsung dan tidak langsung pada tanaman khususnya cendana (*Santalum album L.*).
3. Embrio somatik yang dihasilkan melalui teknik embriogenesis somatik diharapkan mampu menyediakan bibit dalam jumlah banyak dengan kualitas yang baik.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh sumber eksplan dan zat pengatur tumbuh terhadap embriogenesis somatik tidak langsung dan embriogenesis somatik langsung cendana, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perlakuan menggunakan sumber eksplan internodus memberikan pengaruh terbaik terhadap waktu muncul embrio somatik, persentase muncul embrio somatik dan jumlah embrio somatik. Sedangkan pada induksi kalus embriogenik, sumber eksplan daun memberikan hasil terbaik terhadap waktu muncul kalus, persentase terbentuknya kalus dan berat basah kalus.
2. Perlakuan media terbaik untuk menginduksi embrio somatik pada eksplan daun dan internodus cendana yaitu dengan menggunakan media MS yang ditambah TDZ 3 mg/l. Sedangkan, media terbaik untuk menginduksi kalus yang bersifat embriogenik yaitu dengan menggunakan media MS ditambah NAA 0,01 mg/l dan 2,4-D 1 mg/l.
3. Perlakuan media basal yang optimal untuk menginduksi embrio somatik secara langsung pada eksplan daun dan internodus cendana yaitu pada media MS dengan konsentrasi penuh.

#### **B. Saran**

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk memperoleh protokol embriogenesis somatik yang sempurna mulai dari tahap pertumbuhan globular kalus sampai diperoleh bibit pada tahap aklimatisasi. Proses penanaman khususnya subkultur hingga pengamatan perlu diperhatikan untuk mengurangi kegagalan pada pertumbuhan eksplan dan

mempertahankan kualitas kalus serta embrio somatik yang dihasilkan. Setiap pertumbuhan kalus hingga terbentuk embrio somatik fase torpedo sebaiknya diamati secara teratur dan berkala menggunakan mikroskop stereo agar dapat teramati dengan jelas.





## DAFTAR PUSTAKA

- Adri, R.F. 2019. Induksi Kalus *Theobroma cacao* Sebagai Tahap Awal Pengembangan Tanaman Melalui Embriogenesis Somatik. *Menara Ilmu*. Vol. 13(8): 69-72.
- Agusta, A., dan Yuliasri Jamal. 2001. Fitokimia dan Farmakologi Cendana (*Santalum album* L.). *Berita Biologi (LIPI)*. Vol. 5(5): 561-569.
- Ajjjah, N. 2016. Pengaruh Komposisi Media Dasar dan Jenis Eksplan Terhadap Pembentukan Embrio Somatik Kakao. *Jurnal TIDP*. Vol. 3(3): 127-134.
- Amaliah, Syukroni. 2019. Optimasi Konsentrasi 2,4-D dan BAP Terhadap Induksi Kalus Tanaman Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz and Pav.) Melalui Kultur In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Peternakan, UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru.
- Anggraeni, T.D.A., Emy Sulistyowati, dan Rully dyah Purwati. 2012. Pengaruh Komposisi Media dan Sumber Eksplan Terhadap Induksi Kalus, Perkecambahan, dan Pertumbuhan Tunas Embrio Somatik Jarak Pagar.
- Arianti, M., dan Yenni A. 2018. Cendana (*Santalum album* L.) Sebagai Tanaman Penghasil Minyak Atsiri. *Jurnal Kultivasi*. Vol. 17(1): 558-567.
- Arianti, S.N. 2012. Induksi Kalus Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) Pada Media MS dengan Penambahan 2,4-D, BAP dan Air Kelapa. *Jurnal Natural Science* 1(1): 78-84.
- Arimarsetiowati, Rina. 2017. Keragaman Kalus dalam Pembentukan Embrio Somatik pada Kopi Arabika. *WARTA Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. Vol. 29(2): 5-8.
- Ariyanti, M. dan Yenni Asbur. 2018. Cendana (*Sanatalum album* L.) Sebagai Tanaman Penghasil Minyak Atsiri. *Jurnal Kultivasi*. Vol. 17(1): 558-566.
- Astuti, T.A., Zozy Aneloi N., dan Suwirmen. 2019. Induksi Embriogenesis Somatik pada Anggrek (*Vanda sumatrana* Schltr) dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam 2,4-Diklorofenoksiasertat (2,4-D). *Jurnal Biologi Andalas*. Vol. 7(1): 6-13.
- Ayuningrum, Kiki., Budisantoso, Imam dan Kamsinah. 2015. Respon Pemberian Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pertumbuhan Subkultur Kalus Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) secara In Vitro. *Biosfera*. Vol. 32(1).
- Basri, Arie H.H. 2016. Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan dalam Perbanyakan Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensia*. Vol. 10(1): 64-73.
- Benencia M, Busse WR, Goldberg A, Gruenwald J, Hall T, Riggins CW and Rister RS. 1988. *The Complete Commission E Monographs-Therapeutic Guide to Herbal Medicines*. American Botanical Council, Boston: Integrative Medicine Communications.
- Busaifi, R., Hirjani dan Riska L. 2021. Induksi Kalus Daun Stevia (*Stevia rebaudiana*) pada Berbagai Kombinasi 2,4-D dan BAP Secara In Vitro. *Jurnal Evolusi*. Vol. 5(1): 50-57.
- Capuana, M., dan P.C. Debergh. 1997. Improvement of the Maturation and Germination of Horse Chesnut Somatic Embryos. *Plant Cell Tissue Org.Cult*. 48: 23-29.
- Chaniago, N. 2016. Teknik Pembuatan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) dari Beberapa Mollusca dan Aplikasinya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) dengan Hidroponik FHS (*Floating Hydroponic System*). *Agrica Ekstensia*. Vol. 10(1): 74-82.
- Chen, R., dan Baluska, F. 2013. Polar Auxkin Transport, Signaling and Communication in Plants. *Springer*. Berlin.
- Colgecen, H. 2017. TDZ Induction in Somatic Embryogenesis of Natural Tetraploid *Trifolium pratense* L. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol. 33(2): 5301-5307.

- Deo, P.C., A.P. Tyagi, M. Tylor, R. Harding, dan D. Becker. 2010. Factors Affecting Somatic Embryogenesis and Transformation in Modern Plant Breeding. *The South Pasific Journal on Natural and Applied Sciences*. 28: 27-40.
- Dewanti, P. 2018. *Teknik Kultur Jaringan Tanaman: Prinsip Utama dan Metode Aplikasi di Bidang Bioteknologi Pertanian*. Jember: UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember.
- Dewi, K., Masrizal dan Mugiono. 1998. Regenerasi Tanaman dari Beberapa Sumber Eksplan pada Mutan Kacang Tanah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi*.
- Dwiyani, R. 2015. *Kultur jaringan Tumbuhan*. Denpasar: Pelawa Sari.
- Elina, Irene Priscilla Dian. 2000. Efek Antimikroba Minyak Atsiri Kayu Cendana (*Santalum album* L.) Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Farmasi, USD: Yogyakarta.
- Febrian, Dwi. 2018. Induksi Kalus Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dengan Penambahan Fitohormon yang Berbeda. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Alam, ITS. Surabaya.
- Ghosh, A., Abir U. Igamberdiev., dan Samir C. Debnath. 2018. Thidiazuron-induced Somatic Embryogenesis and Changes of Antioxidant Properties in Tissue Cultures of Half-High Blueberry Plants. *Scientific Reports*. Vol. 8:1-11.
- Ginting, Beri A.A. 2018. Pengaruh Penambahan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Terhadap Perkecambahan dan Induksi Kalus Embrionik Tanaman Cendana (*Santalum album* L.) Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi: UIN Malang.
- Gunawan, L.W. 1988. *Teknik Kultur Jaringan Tumbuhan: Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan Pusat Antar Universitas (PAU)*. Bioteknologi: Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hapsoro, D., Dwi Setiawan, Rahmadyah H., dan Yusnita. 2019. Pengaruh 2-iP, 2,4-D, dan TDZ pada Embriogenesis *In Vitro* Kopi Robusta Unggul Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol. 7(3): 527-537.
- Hartati, Agani, H., Hartati, N.S., dan Sudarmonowati. 2018. Kecepatan Regenerasi Kalus Somatik Embriogenik Terung pada Beberapa Media Maturasi. *Jurnal ILMU DASAR*. Vol. 19(2): 125-134.
- Hendaryono, I., dan Wijayani I.A. 1994. *Teknik Kultur Jaringan, Pengenalan dan Petunjuk Perbanyak Tanaman Secara Vegetatif-Modern*. Kanisius.
- Hendriyani, E., Tri Warseno, Ni Kadek Erosi U. 2020. Pengaruh Jenis Eksplan dan Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) terhadap Induksi Kalus *Begonia bimaensis* Undaharta dan Ardaka Secara *In Vitro*. *Buletin Kebun Raya*. Vol. 23(1): 82-90.
- Herawan, T., Mohammad Na'iem, Supto Indrioko, Ari Indrianto, Liliek Haryjanto dan Titis Budi W. 2017. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh pada Induksi Kalus Embriogenik Klon Cendana (*Santalum album* Linn.). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. Vol. 11(2): 151-158.
- Herawan, T., Mohammad Na'iem, Supto Indrioko, dan Ari Indrianto. 2015. Kultur Jaringan Cendana (*Santalum album* L.) Menggunakan Eksplan Mata Tunas. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. Vol. 9(3): 177-188.
- Husni, A., I. Mariska, dan M. Kosmiatin. 1997. Embriogenesis Somatik Tanaman Lada Liar. *Makalah Seminar Mingguan Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan*. Bogor.
- Hutami, S. 2008. Ulasan Masalah Pencoklatan pada Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. Vol. 4(2): 83-88.

- Ibrahim, M.S.D., RR. Sri Hartati, Reflinur dan Sudarsono. 2018. Induksi Embrio Somatik Sekunder Kopi Arabika dan Deteksi Keragaman Somaklonal Menggunakan Marka SSRs. *Jurnal Littri*. Vol 24(1): 11-20.
- IUCN. 2018. The IUCN Redlist of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- Juntada, K., Sudawadee T., Pimjai M., Sirinnapa P., dan Pantipa N.C. 2015. Somatic Embryogenesis Induction from Protocorm-like Bodies and Leaf Segments of *Dendrobium Sonia* "Earsakul". *Silpakorn U Science & Tech J*. Vol. 9(2): 9-19.
- Kasi, P.D., dan Endang Semiarti. 2016. Pengaruh Thidiazuron dan Naphtalene Acetic Acid untuk Induksi Embriogenesis Somatik dari Daun Anggrek Phalaenopsis "Sogo Vivien". *Jurnal Dinamika*. Vol. 7(1): 32-39.
- Kasi, P.D., dan Sumaryono. 2008. Perkembangan Kalus Embriogenik Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) pada Tiga Sistem Kultur *In Vitro*. *Menara Perkebunan*. Vol. 76(1): 1-10.
- Katuuk, J.R.P. 1989. *Teknik Kultur Jaringan dalam Mikropropagasi Tanaman*. Depdikbud. Jakarta. Pp. 62, 188.
- Kosmiatin, M., Agus Purwito, Gustaff A., dan Ika Mariska. 2014. Induksi Embriogenesis Somatik dari Jaringan Endosperma Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) ev Simadu. *Jurnal Argon. Indonesia*. Vol. 42(1): 44-51.
- Kurniawam,A.E. 2022. Induksi Kalus Embriogenik dari Eksplan Kotiledon Kubis (*Brassica oleracea*) dengan Pemberian Berbagai Konsentrasi 2,4-D dan Benzyl Amino Purine. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, UMSU. Medan.
- Kurtz, W.G.W., dan F. Constabel. 1991. Produksi dan Isolasi Metabolit Sekunder *dalam* Wetter, L.R., dan Constabel, F. (Editor). *Metode Kultur Jaringan Tanaman* (diterjemahkan oleh Widiyanto, M.B.). ITB: bandung. 168-173.
- Lestari, Endang G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakkan Tanaman Melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. Vol. 7(1): 63-68.
- Leyser, O., dan S. Day. 2002. *Mechanism in Plant Development*. Blackwell Publ.
- Liang, H., Yuping Xiong, Beiyi Guo, Haifeng Yan, Shuguang J., Hai Ren, Xinhua Z., Yuan Li, Songjun Z., Kunlin Wu, Feng Z., Jaime A.T., Youhua X., dan Guohua M. 2020. Shoot Organogenesis and Somatic Embryogenesis from Leaf and Root Explants of *Scaevola sericea*. *Scientific Reports*. Vol. 10: 1-11.
- Litz, R.E., dan D.J. Gray. 1995. Somatic Embryogenesis for Agricultural Improvement. *World Journal Microbiology and Biotechnology*. Vol. 11: 416-425.
- Lizawati, T., Novita, Purnamaningsih R. 2009. Induksi dan Multiplikasi Tunas Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Secara *In Vitro*. *J. Agron. Indonesia*. Vol. 37(1): 78-85.
- Lubis, Dwi Fitria A. 2013. Induksi Embriogenesis Somatik Kopi Robusta (*Coffea canephora* Piere ex Froehner) dengan Penambahan Auksin dan Sitokinin Secara *In Vitro*. Fakultas Pertanian , IPB: Bogor.
- Mahadi, Imam, Syafi'I, W., dan Sari, Y. 2016. Pengaruh Pemberian Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pertumbuhan Kalus Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa*). *Biogenesis*. Vol. 12(2): 99-104.
- Mahardika, S. 2021. Induksi Embriogenik Unggul Cendana (*Santalum album*) Hasil Kultur Tunas Aksiler. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga.
- Mardin, S. 2002. *Media Tumbuh Kultur Jaringan Tanaman*. Makalah pada Pelatihan Kultur Jaringan Tanaman. Agronomi Unsoed. Purwokerto.

- Mariska, I., D. Sopandie, S. Hutami, E. Syamsudin dan M. Kosmiatin. 2001. Peningkatan Ketahanan Terhadap Al pada Tanaman Kedelai Melalui Kultur In Vitro. *Laporan Riset Unggulan Terpadu VIII*. Menristek dan LIPI, Jakarta.
- Melisa, A.O., 2011. Pemberian Kombinasi 2,4-D dan Kinetin terhadap Induksi Kalus dan *Protocorm Like Bodies* (PLB) Anggrek *Grammatophyllum scriptum* Secara In Vitro. *Skripsi*. FMIPA, Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Mertaningsih, N.P., H. Yuswanti, A.A.M. Astiningsih. 2018. Induksi Kalus pada Kultur Pollen *Phallaenopsis* dengan menggunakan asam 2,4-Diklorofenoksiasetat. *Agrotrop*. 8:47-55.
- Mose, W., Ari I., Aziz P., dan Endang S. 2017. The Influence of Thidiazuron on Direct Embryo Formation from Various Types of Explant in *Palaenopsis amabilis* (L.) Blume Orchid. *HAYATI Journal of Biosciences*. Vol. 24: 201-205.
- Mose, W., Endang S., Aziz P., Ari Indrianto, dan Budi Setiadi D. 2019. Induksi Embriogenesis Somatik Tanaman Anggrek *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume dengan Zat pengatur Tumbuh dan Transformasi Genetik. *Disertasi*. UGM, Yogyakarta.
- Muliati, T., Nurhidayah, Nurbaiti. 2017. Pengaruh NAA, BAP dan kombinasinya pada Media MS terhadap Perkembangan *Sansevieria Makrophylla* secara In Vitro. *Faperta*. 4:1-13.
- Noerhadi, E. 1974. *Kultur Jaringan Tumbuhan Sebagai Bahan Penyelidikan dan Potensinya dalam Pembangunan Negara*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap ITB. Penerbit ITB. Bandung.
- Novia, Y.R., Moch. Roviq dan Tatik Wardiyati. 2017. Pengaruh Konsentrasi BA Terhadap Pembentukan Embrio Somatik Pada Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Secara In Vitro. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*. Vol. 2(1): 10-17.
- Novita, A. 2023. Induksi Embriogenesis Somatik Anggrek Macan (*Grammatophyllum scriptum* (L.) Blume) dengan Perlakuan Karbohidrat dan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Nugroho, C.C. 2014. Studi Embriogenesis dan Organogenesis Serta Respon Beberapa Genotipe Ubi Kayu Terhadap AlCl<sub>3</sub>. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Oktaviani, R., Endang Pudjihartati, dan Maria Marina H. 2012. Induksi Kalus Embriogenik pada Perbanyakan Leek (*Allium porrum* L.). *AGRIC*. Vol.24(1): 35-44.
- Pardede, Y., Exsyupransia, M., dan Boy Rahardjo S. 2021. Pengaruh Hormon Terhadap Induksi Embrio Somatik Kacapiring (*Gardenia jasminoides*) dan Potensi Aplikasinya dalam Pembuatan Benih Sintetik. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. Vol. 6(3): 162-177.
- Peeris, M.K.P., dan Senarath, W.T.P. 2015. In Vitro Propagation of *Santalum album* L. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*. Vol. 43(30): 265-271.
- Pierik, R.L.M. 1987. *In Vitro of Higher Plants*. Martunis Nijroff. Publ.Dordrecht. 344.
- Prasetyorini. 2019. *Kultur Jaringan*. Bogor: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pakuan.
- Purnamaningsih, R. 2004. Regenerasi Tanaman Melalui Embriogenesis Somatik dan Beberapa Gen yang Mengendalikannya. *Buletin Agrobio Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan*. Vol 5(2): 51-58.
- Purwianingsih, W., dan Linda Yuniarti. 2004. Anatomi dari Eksplan Daun *Catharanthus roseus* (L.) G. Don (Tapak Dara). *Jurnal Pengajaran MIPA*. Vol 5(1): 19-28.
- Purwianingsih, W., Kusdianti dan Linda Y. Tanpa tahun. Anatomi Kalus yang Berasal dari Eksplan Daun *Catharantlaus roseus* (L.). G. Don (Tapak Dara). *Seminar Nasional Biologi*. Hlm. 1-12.

- Quiroz, F., Zeel, M.z., Teyer, F., Herrera, R., dan Vargas L. 2002. Differential Gene Expression In Embryogenic and Non-Embryogenic Clusters from Cell Suspension Cultures of *Coffea arabica*. *Journal of Plant Physiology*. Vol. 159(11).
- Rahayu, B., Solichatum dan Anggarawulan, E. 2003. Pengaruh Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) terhadap Pembentukan dan Pertumbuhan Kalus serta Kandungan Flavonoid Kultur Kalus *Acalypha indica* L. *Biofarmasi*. Vol. 1(1): 1-6.
- Rahmi, N. A. 2022. Induksi Embrio Somatik Anggrek Ekor Tupai (*Rhynchostylis gigantea* (Lindl.)) dengan Perlakuan Pencahayaan dan Sitokinin. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Rapha, M. A., Annatasia M., Jonathan F., Kevin J., Yusril M., Mohamad Faiz A., Emanuel D.A. S., Tri Arjuna P., Caesario Hertian I., Rian Dwi K., Leonie M., dan Widya Pangestika. Penanaman, Perawatan dan Pembudidayaan Cendana sebagai Upaya Peningkatan Potensi Desa Petir. *Jurnal Atma Inovasia (JAI)*. Vol. 1(3): 283-286.
- Rianawati, S., Agus Purwito, Budi Marwoto, Ridho Kurniati dan Suryanah. 2009. Embriogenesis Somatik dari Eksplan Daun Anggrek *Phalaeonopsis* sp. L. *Jurnal Agron. Indonesia*. Vol. 37(3): 240-248.
- Rivai, R.R., dan Hendra Helmanto. 2015. Induksi Kalus *Chrysanthemum indicum* untuk Meningkatkan Keragaman Genetik dari Sel Somatik. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Vol. 1(1): 167-170.
- Riyadi, I., Darda E., Bambang S.P., dan Djoko S. 2017. Pengaruh TDZ Terhadap Induksi Embrio Somatik Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) pada Tiga Kultur Berbeda. *Menara Perkebunan*. Vol. 86(1): 11-20.
- Rofiqoh, I. 2018. Induksi Kalus Embriogenik *Carica pubescens* Lenne & K. Koch Menggunakan 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid (2,4-D) dan BAP (6-Benzylaminopurin) Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Rusdianto dan A. Indrianto. 2012. Induksi Kalus Embriogenik pada Wortel (*Daucus carota*) Menggunakan 2,4-D. *Jurnal Fakultas Biologi*, UGM. Yogyakarta.
- Sapsuha, Y., Djoko Soetrisno, dan Kustantinah. 2011. Induksi Kalus dan Embriogenesis Somatik *In Vitro* Pada Lamtoro (*Leucaena leucocephala*). *Berita Biologi*. Vol. 10(5): 627-633.
- Saputro, J., Nintya S., Yulita N., dan Munifatul I. 2020. Respon Eksplan Batang Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Terhadap Perlakuan Konsentrasi Thidiazuron (TDZ) pada Media MS Secara *In Vitro*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Vol. 5(2): 147-156.
- Seran, Yoseph N., Sudarto, Luchman H., dan Endang Arisoesilansih. 2018. Sandalwood (*Santalum album*) Growth and Farming Succes Strengthen its Natural Conservation in The Timor Island, Indonesia. *BIODIVERSITAS*. Vol. 19(4): 1586-1592.
- Setiyoko, B. 1995. Kultur Meristem Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Kultivar Ambon untuk Memperoleh Tanaman yang Bebas Cucumber Mosaic Virus. *Skripsi*. Fakultas Biologi, UGM: Yogyakarta.
- Shimizu, K., N. Nagaike, T. Yobuya dan T. Edachi. 1997. *Plant Regeneration from Suspension Culture of Iris germanica*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 50: 27-31.
- Silalahi, Marina. 2013. Peningkatan Kandungan Metabolit Sekunder Tumbuhan Melalui Penambahan Prekursor pada Media Kultur *In Vitro*. *Jurnal Dinamika Pendidikan (JDP)*. Vol.6 (1): 17-23.

- Silva, J.A., Esmaeil N., Maria E.B., Mafatlal M.K., Adhityo W., Andrea G., Norbert H., Katalin M., Nora M., Laszlo M., Mariana L., Pedro P., John A.D., dan Judit D. 2020. Shoot Tip Necrosis of In Vitro Plant Cultures: A Reappraisal of Possible Causes and Solutions. *Planta*. Vol. 252(47): 1-35.
- Sinta, M.M., Rizka Tamania S., dan Sumaryono. 2021. Inisiasi, Pertumbuhan, dan Perkembangan Kalus Embriogenik Tanaman Stevia. *Menara Perkebunan*. Vol. 89(2): 115-124.
- Sitorus, H.I. 2023. Pengaruh Konsentrasi 2,4-D dan NAA Terhadap Induksi Kalus pada Eksplan Daun Kopi Liberika Tungkal Jambi (*Coffea liberica* var. *liberica* cv. Tungkal Jambi) Secara In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Jambi.
- Soliman, H.I.A., Fatma M.A., Ayman S.E., dan Yasser M.M. 2018. Influence of Plant Growth Regulators on Somatic Embryogenesis Induction in *Seriphidium herba-album*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. Vol. 3(4): 1264-1269.
- Sugito, H., Yanto S., dan Edhi S. 2006. Penggunaan Thidiazuron, 2,4-D dan Giberelin dalam Pembentukan Embrio Somatik Pule Pandak (*Rauwolfia serpentina* L. Benth. Ex Kurz) Melalui Kultur In Vitro. *Media Konservasi*. Vol. 11(2): 66-71.
- Sukmadjaja, D. 2005. Embriogenesis Somatik Langsung pada Tanaman Cendana. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*. Vol. 10(1): 1-6.
- Sukmadjaja, D., dan Mariska, I. 2003. *Perbanyak Bibit Jati Melalui Kultur Jaringan*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Sumardi, dan Ari Fiani. 2015. Keragaman Genetik Cendana (*Santalum album*) dan Tindakan Reintroduksi ke Nusa Tenggara Timur. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Vol. 1(3): 409-412.
- Surata, I K. 2006. *Teknik Budidaya Cendana*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Bali dan Nusa Tenggara.
- Suyitno, A., dan Henuhili, V. 2011. Induksi Kalus dan Organogenesis Tanaman Ngukilo (*Gynura procumbens* (Lour.) Merr.) dengan 2,4-D dan Kombinasi NAA-Air Kelapa secara In Vitro. Prosiding Seminar Nasional "Biology and Local Wisdom: Past, Present and Future": 56-67. Yogyakarta, 2 Juli 2011.
- Tahir, M.S., Victor, K., dan Abdulkadir, S. 2011. The Effect 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid (2,4-D) Concentration Induction in Sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*. Vol 19(2): 213-217.
- Thomas, T.D., dan Chaturvedi, R. 2008. Endosperm Culture: A Novel Method for Triploid Plant Production. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 93: 1-14.
- Tripathi, M.K., Niraj T., Sushma T., Gyanendra T., Nishi M., Dilip B., Rajesh P.P., Swapnil S., dan Sharad T. 2021. Optimization of Different Factors for Initiation of Somatic Embryogenesis in Suspension Cultures in Sandalwood (*Santalum album* L.). *Horticulturae*. Vol. 7(118): 1-15.
- Utami, E.S.W., Endang Semiarti, I. Soemardi, Taryono. 2007. Embriogenesis Somatik Anggrek Bulan *Phalaenopsis amabilis* (L.) BI: Struktur dan Pola Perkembangan. *Journal of Biological Research* 13: 33-38.
- Viola, Y.R.N., Moch. Roviq, dan Tatik W. 2017. Pengaruh Konsentrasi BA Terhadap Pembentukan Embrio Somatik pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Secara In Vitro. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*. Vol. 2(1): 10-17.

- Wati, T., Ida Ayu A., Made Pharmawati, dan Ema H. 2020. Perbanyak *Begonia bimaensis* Undaharta dan Ardaka dengan Teknik Kultur Jaringan. *Jurnal Metamorfosa*. Vol. 7(1): 112-122.
- Wattimena, G.A. 1988. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. Pusat Antar Universitas, Bioteknologi, IPB: Bogor.
- Wetter, L.R., dan Constabel, F. 1991. *Metode Kultur Jaringan Tanaman*. Penerbit ITB: Bandung. Hlm. 168-173.
- Wijaya, H., Ani Lestari, dan Edhi Sandra. 2022. Pengaruh Jenis Eksplan dan Komposisi Media Terhadap Pembentukan Embrio Somatik *Aglaonema rotundum* Secara In Vitro. *Jurnal Agroteknologi*. UM, Tapanuli Selatan. Vol. 7(4): 670-679.
- Wind, J.E., dan Risseeuw, P. 1988. Kayu Cendana (*Santalum album* L.). Seri Himpunan Peninggalan Penulisan yang Berserakan. Bandung. Hlm. 10-15.
- Wiraatmaja, I.W. 2017. *Zat Pengatur Tumbuh Auksin dan Cara Penggunaannya dalam Bidang Pertanian*. Bahan Ajar, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana. Denpasar.
- Yelnititis dan T.E. Komar. 2011. Mikropropagasi Ramin (*Gonystilus bancanus* (Miq.) Kurz) dari Eksplan Batang Satu Buku Secara In Vitro. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. Vol. 5(3): 149-157.
- Yelnititis. 2013. Induksi Embrio Somatik *Shorea pinanga* Scheff. Pada Kondisi Fisik Media Berbeda. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. Vol.7(2): 73-84.
- Yelnititis. 2020. Induksi Kalus Embriogenik dan Embrio Somatik dari Eksplan Daun Kulim (*Scorodocarpus borneensis* Becc.). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, Vol. 14(2): 75-83.
- Yelnititis. 2021. Pembentukan Embrio Somatik dari Eksplan Daun Ramin, Spesies Tanaman Langka. *Jurnal pemuliaan Tanaman Hutan*. Vol. 15(2): 129-135.
- Yeung, E.C. 1995. Structural and Developmental, Patterns in Somatic Embryogenesis. *In Vitro Embryogenesis in Plants*. Kluwer Acad, Publ. Netherland.
- Yoas. 2021. Embriogenesis Somatik Sel Daun Kopi Arabika *lini-s* 795 Toraja (*Coffea arabika* var. *lini-s* 795) Secara In Vitro dengan Penambahan 2,4 *Dichlorophenoxyacetid Acid* (2,4 D) dan 6-*Furfurylamino Purine* (Kinetin). *Skripsi*. FMIPA, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Yulianti dan Bustaman. 2020. Induksi Kalus secara In Vitro dari Daun Cengkeh (*Syzigium aromaticum* L.) dalam Media dengan Berbagai Konsentrasi Auksin. *Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol. 25(1): 67-72.
- Zhang, M., Aibin W., Mou Q., Xuejing Q., Shiwen Y., Shuchai S., Yongjiang A., dan Lingyun Z. 2021. Direct and Indirect Somatic Embryogenesis Induction in *Camellia oleifera* Abel. *Front. Plant Sci*. Vol. 12: 1-14.