

**PENGARUH HORMON 2,4-D DAN BAP TERHADAP  
PEMBENTUKAN KALUS EMBRIOGENIK DARI  
EKSPLAN DAUN CENGKEH (*Syzygium aromaticum* L.)  
SECARA *IN VITRO***

**SKRIPSI**

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



Disusun oleh:

Firyal Afifah Fauziyyah

21106040047

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

**2026**

# HALAMAN PENGESAHAN



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-546/Un.02/DST/PP.00.9/03/2026

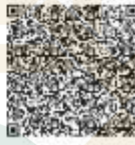
Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pembentukan Kalus Embriogenik dari Ekspan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara In Vitro

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FIRYAL AFIFAH FAUZIYYAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 21106040047  
Telah diujikan pada : Kamis, 05 Maret 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

## TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Kenna Sidang

Shilfiana Rahayu, M.Sc.  
SIGNED

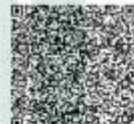
Valid ID: 69c6b14d20f



Penguji I

Dr. Ika Nugrahini Ari Martiwi, S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 69a6fc10f542e



Penguji II

Anisa Nazera Fauzia, M.Biotech  
SIGNED

Valid ID: 69afa35290699



Yogyakarta, 05 Maret 2026  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wandani, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 69afbae99911e

## HALAMAN PERSETUJUAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : 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 : Firyal Afifah Fauziyyah  
NIM : 21106040047  
Judul Skripsi : Pengaruh Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pembentukan Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Cengekeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *In vitro*

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 dalam Program Studi Biologi.

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

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 26 Februari 2026  
Pembimbing

Shilfiana Rahayu, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19921022 201903 2 015

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Firyal Afifah Fauziyyah  
NIM : 21106040047  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang telah saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 25 Februari 2026



Firyal Afifah Fauziyyah  
NIM. 21106040047

## MOTTO

*"Sebagaimana alam memiliki ritmenya sendiri, kesadaran diri membimbing individu dalam menentukan pilihan"*

(Penulis)

*"Iqra' — Bacalah."*  
(QS. Al-'Alaq [96]: 1)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh dosen yang telah memberikan ilmu, arahan, serta bimbingan selama masa studi. Skripsi ini juga saya persembahkan kepada almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai wujud kontribusi akademik dan penghargaan atas ilmu serta pengalaman yang telah diberikan.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan ketetapan, serta kehendak-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **Pengaruh Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pertumbuhan Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *In vitro*** sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhaammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, arahan, masukan, dan dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Khurul Wardati, M.Si., sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Dosen Penguji 1 yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
3. Ibu Shilfiana Rahayu, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, pengarahan, saran dan motivasi kepada penulis dalam penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.
4. Ibu Anisa Nazera Fauzia, Ph.D., selaku Dosen Penguji 2 selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan skripsi ini.
5. Seluruh PLP dan staf laboratorium yang telah banyak membantu, mengarahkan dan membimbing penulis selama melakukan penelitian di Laboratorium Embriologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas segala ilmu dan bimbingan yang penulis terima selama menjadi mahasiswa hingga mampu menyelesaikan tugas akhir.
7. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Program Studi Biologi Angkatan 2021 yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
9. Kakak tingkat yang telah memberikan bantuannya dalam penyusunan tugas akhir.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, motivasi, serta doa hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan ilmu penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari para pembaca. Penulis berharap agar skripsi ini dapat emmbeikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca.

*Aamiin Ya Robbal' alamin*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 25 Februari 2026

Penulis



**Pengaruh Hormon 2,4-D dan BAP Terhadap Pembentukan Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) Secara *In vitro***

Firyal Afifah Fauziyyah  
21106040047

**ABSTRAK**

Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) merupakan pohon dari famili Myrtaceae yang berasal dari Kepulauan Maluku dan bernilai ekonomi tinggi karena kandungan senyawa eugenol di dalamnya. Cengkeh memiliki potensi dan manfaat yang luas di berbagai bidang sehingga kebutuhan terhadap cengkeh semakin meningkat, namun ketersediaannya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh hormon 2,4-D dan BAP serta menentukan konsentrasi optimalnya terhadap pembentukan kalus embriogenik pada eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*. Desain penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 16 kombinasi perlakuan dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 48 unit percobaan. Eksplan daun muda cengkeh dikulturkan pada media *Murashige and Skoog* (MS) dengan penambahan berbagai konsentrasi 2,4-D (0; 0,5; 1; dan 2 mg/L) yang dikombinasikan dengan BAP (0; 0,5; 1; dan 2 mg/L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hormon 2,4-D dan BAP dalam media MS berpengaruh terhadap kecepatan pembentukan kalus pada eksplan daun cengkeh, jumlah kalus yang dihasilkan, serta morfologi kalus berupa kalus remah hingga kompak berwarna putih dan kuning. Respons eksplan berupa pelengkungan, pembengkakan, dan pembentukan kalus. Perlakuan D3P1 merupakan perlakuan paling efektif dalam mempercepat pembentukan kalus, yaitu pada 51 HST, sedangkan jumlah kalus terbanyak diperoleh pada perlakuan D1P2. Kalus yang dihasilkan memiliki potensi sebagai kalus embriogenik pada perlakuan D3P2.

Kata Kunci: 2,4-D; BAP; Daun Cengkeh; Kalus Embriogenik; Kultur *In vitro*

**Effect of Hormones 2,4-D and BAP on the Formation of Embryogenic Callus  
from Clove Leaf Explants (*Syzygium aromaticum* L.)  
*In vitro***

Firyal Afifah Fauziyyah  
21106040047

**ABSTRACT**

Cloves (*Syzygium aromaticum* L.) are trees from the Myrtaceae family that originate from the Maluku Islands and have high economic value due to the content of eugenol compounds in them. Cloves have wide potential and benefits in various fields so the need for cloves is increasing, but its availability is still limited. This study aims to analyze the influence of the hormones 2,4-D and BAP and determine their optimal concentration on the formation of embryogenic callus in clove leaf explants (*Syzygium aromaticum* L.) *in vitro*. The design of this study used the Complete Random Design (RAL) method which consisted of 16 treatment combinations with three repeats so that 48 experimental units were obtained. Young clove leaf explants were cultured in *Murashige and Skoog* (MS) media with the addition of various concentrations of 2,4-D (0; 0.5; 1; and 2 mg/L) combined with BAP (0; 0.5; 1; and 2 mg/L). The results showed that the addition of 2,4-D and BAP hormones in MS media had an effect on the speed of callus formation in clove leaf explants, the number of calluses produced, and the morphology of calluses in the form of crumb to compact white and yellow calluses. The explant response is in the form of curvature, swelling, and callus formation. D3P1 treatment is the most effective treatment in accelerating callus formation, namely in 51 HST, while the highest number of calluses is obtained in DIP2 treatment. The resulting callus has the potential to be an embryogenic callus in D3P2 treatment.

Keywords: 2,4-D; BAP; Clove leaves; embryogenic calluses; *In vitro Culture*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN 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>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
A. Tanaman Cengkeh .....	5
B. Kultur Jaringan Tumbuhan .....	8
C. Embriogenesis Somatik .....	8
D. Zat Pengatur Tumbuh .....	11
<b>BAB III METODE</b> .....	<b>13</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
B. Alat dan Bahan .....	13
C. Rancangan Percobaan .....	14
D. Prosedur Kerja .....	14
E. Teknik Pengambilan Data.....	17
F. Analisis Data.....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>20</b>
A. Hari Muncul Kalus Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.).....	20

B. Jumlah Kalus Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.).....	23
C. Morfologi Kalus Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.).....	28
D. Perkembangan Eksplan Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) .....	34
E. Kontaminasi Eksplan Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) .....	38
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>41</b>
A. Kesimpulan.....	41
B. Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>51</b>
Lampiran 1. Komposisi Media Kultur MS ( <i>Murashige and Skoog</i> ).....	51
Lampiran 2. Perhitungan Larutan Stok dan Pengenceran 2,4-D .....	52
Lampiran 3. Perhitungan Larutan Stok dan Pengenceran BAP .....	55
Lampiran 4. Perlakuan Hormon pada Media MS.....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perlakuan media MS .....	14
Tabel 2. Hari muncul kalus cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.).....	21
Tabel 3. Jumlah kalus cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) hari ke-84 HST.....	24
Tabel 4. Morfologi kalus cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) .....	28



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Karakter morfologi cengkeh (*Syzygium aromaticum* L. Merr & Perry):  
(A) Habitus, (B) Batang, (C-F) Daun, (H-J) Bunga, (K) Benang sari  
(Soenarsih et al., 2021)..... 5
- Gambar 2. Contoh kalus *Sonchus arvensis* L. pada media dolomit (A) morfologi kalus kompak (cc) dan friabel (fc), (B) kalus embriogenik (SE = embrio somatik), (C) somatik embrio pada fase globular/SEG, (D) somatik embrio pada fase hati/SEH (Wahyuni et al., 2021) ..... 9
- Gambar 3. Contoh tahapan perkembangan embrio somatik kakao (A) embrio somatik fase globuler, (B) embrio somatik fase hati, (C) embrio somatik fase torpedo dan kotiledon. EG = embrio somatik fase globuler, EH = embrio somatik fase hati, EC = embrio somatik fase kotiledon, ET = embrio somatik fase torpedo (Ajijah, 2016) ..... 10
- Gambar 4. Visualisasi kalus pada hari ke-21 MST menggunakan mikroskop stereo. A. Kalus remah (perbesaran 3x), B. Kalus kompak, C. Kalus pada bagian tengah, D. Kalus pada bagian perifer. ○ kuning = area kalus remah, ○ merah = area kalus kompak, ○ hijau = area munculnya kalus pada bagian atas, ○ biru = area munculnya kalus pada bagian perifer. .... 29
- Gambar 5. Penampang melintang kalus daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) pada kelompok perlakuan. A. Perlakuan D1P2. B. Perlakuan D2P1. C. Perlakuan D2P3. D. Perlakuan D3P3. E-F. Perlakuan D3P2. A, B, C, D, F perbesaran 10×10 dan E perbesaran 10×4. Skala bar = 100 μm. H = Fase hati. .... 31
- Gambar 6. Perkembangan eksplan daun cengkeh (A) pada saat 0 HST, (B) eksplan melengkung, (C) eksplan membengkak, (D) eksplan berkalus..... 35
- Gambar 7. Eksplan mengalami browning. ○ putih = area *browning*. .... 37
- Gambar 8. Kontaminasi pada kultur yang disebabkan oleh kontaminan jamur. ↓ = kontaminasi jamur. .... 39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Media Kultur MS ( <i>Murashige and Skoog</i> ) .....	51
Lampiran 2. Perhitungan Larutan Stok dan Pengenceran 2,4-D .....	52
Lampiran 3. Perhitungan Larutan Stok dan Pengenceran BAP .....	55
Lampiran 4. Perlakuan Hormon pada Media MS .....	58





# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) merupakan pohon dari famili Myrtaceae berasal dari kepulauan Maluku yang dibudidayakan di berbagai negara (Cortés-Rojas *et al.*, 2014; Kamatou *et al.*, 2012; Septiani *et al.*, 2023). Indonesia menjadi produsen dan konsumen cengkeh terbesar di dunia (Soenarsih *et al.*, 2021) dengan kontribusi ekspor cengkeh global sebesar 24,45 ribu ton (Tridge, 2022). Kebutuhan domestik cengkeh di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 106 ribu ton untuk industri rokok (Siagan, 2023). Cengkeh menjadi komoditas rempah bernilai ekonomi tinggi sehingga berpeluang besar dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan ekspor dan domestik (Alrashdi & Hossain, 2023; Hidayah *et al.*, 2022).

Minyak atsiri daun cengkeh, termasuk eugenol dan  $\beta$ -caryophyllene, serta senyawa lain yang digunakan sebagai parfum, merupakan kandidat obat untuk terapi kemopreventif, antineoplastik, dan antimutagenik (Haro-González *et al.*, 2021; Hasim *et al.*, 2016; Makuch *et al.*, 2020). Cengkeh memiliki potensi dan manfaat yang luas sebagai antikanker, antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, dan antiserangga (Tulungen, 2019). Pemanfaatan cengkeh pada industri makanan dapat meningkatkan masa simpan produk makanan dengan menghambat peroksidasi lipid (Gengatharan & Rahim, 2023; Sharma *et al.*, 2020). Aplikasi minyak cengkeh esensial juga dapat meningkatkan kualitas produk melalui bioaktivitasnya (Pandey *et al.*, 2022).

Potensi di atas menjadi faktor penyebab kebutuhan cengkeh semakin tinggi namun ketersediaannya terbatas. Keterbatasan ini disebabkan oleh pertumbuhan cengkeh yang lambat dan membutuhkan syarat lingkungan yang kompleks (Suhita & Nurjanto, 2019). Selain itu, kesulitan ketersediaan bibit berkualitas, kerentanan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan menjadi penghambat pemenuhan kebutuhan cengkeh (Haris *et al.*, 2013; Rasud *et al.*, 2019; Rasud & Bustaman, 2020; Simon *et al.*, 2022). Faktor lainnya adalah

usia tanaman cengkeh yang semakin tua, pengalihan penggunaa lahan, dan serangan *H. semivelutina* sehingga perlu dilakukan peremajaan dalam budidaya tanaman cengkeh (Direja & Wachjar, 2019; Ponomban & Kaligis, 2020; Santoso, 2018).

Metode budidaya cengkeh secara generatif mengalami beberapa kendala seperti lamanya waktu yang diperlukan dalam proses persemaian dan pembibitan (Simon *et al.*, 2022). Karakteristik benih cengkeh bersifat rekalsitran sehingga terjadi penurunan viabilitas benih cengkeh (Noya *et al.*, 2018). Perbanyakan cengkeh secara vegetatif dengan teknik sambungan sangat sulit dilakukan (Wahyuno & Martini, 2015). Oleh karena itu, teknik propagasi tanaman yang lebih efisien diperlukan untuk mendukung kebutuhan industri dan keberlanjutan perkebunan cengkeh.

Kultur jaringan tanaman dapat menjadi solusi permasalahan di atas. Metode ini merupakan teknologi memperbanyak tanaman dari sel, jaringan, dan organ pada media buatan secara aseptik dan terkendali menjadi tanaman utuh (Chokheli *et al.*, 2020; Maisyarah & Silvia, 2021; Moraes *et al.*, 2021; Wulandari *et al.*, 2021). Kultur jaringan menawarkan keunggulan dalam pengembangan tanaman secara masal. Ini tidak membutuhkan ruang yang luas, masa penanaman tidak tergantung oleh musim, menghasilkan bibit yang seragam secara genetik dan bebas patogen (Basri, 2016; Gupta *et al.*, 2020; Maisyarah & Silvia, 2021).

Media *Murashige dan Skoog* (MS) sering digunakan sebagai media dasar karena kaya akan nutrisi esensial yang mendukung pertumbuhan tanaman *in vitro* (Fatana *et al.*, 2024; Mahadi *et al.*, 2024; Setiawati *et al.*, 2018). Penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) dibutuhkan untuk mengontrol embriogenesis dalam pembentukan dan perkembangan tunas, akar, dan kalus. Zat pengatur tumbuh golongan sitokinin antara lain BAP (*Benzyl Amino Purine*), kinetin, dan zeatin (Supalal, 2015). Zat pengatur tumbuh golongan auksin antara lain NAA (*Naphtalene Acetic Acid*), dan 2.4-D (*2.4-Dichlorophenoxyacetic Acid*). Konsentrasi seimbang antara auksin dan sitokinin akan membentuk kalus (Rahman *et al.*, 2021).

Salah satu metode propagasi kultur *in vitro* yang dikenal sebagai embriogenesis somatik melibatkan pembelahan sel dari bagian tanaman untuk pembentukan embrio yang berkembang menjadi individu baru (Sasmita *et al.*, 2022). Embriogenesis somatik dapat terjadi secara langsung (Adhinugraha, 2024; Saepudin *et al.*, 2017) ataupun tidak langsung (Yelnititis, 2020). Embriogenesis somatik secara tidak langsung lebih menguntungkan karena eksplan berasal dari sel somatik tumbuhan dan kalus yang dihasilkan dapat menjadi kalus embriogenik yang dapat berkembang menjadi embrio somatik (Yelnititis, 2020).

Hasil penelitian Rasud & Bustaman (2020) menunjukkan bahwa auksin terbaik untuk menginduksi kalus daun cengkeh adalah 0,75 ppm 2,4-D, sedangkan menurut Rasud *et al.* (2019) adalah 0,5 ppm 2,4-D. Saripah *et al.* (2024) menyatakan bahwa kombinasi 2 mg/L 2,4-D + 0,5 mg/L BAP memberikan hasil terbaik pada parameter diameter kalus jambu air (*Syzygium aqueum*). Berdasarkan uraian di atas, pemberian hormon 2,4-D dan BAP terbukti berpengaruh terhadap pertumbuhan eksplan tanaman cengkeh. Akan tetapi belum ditemukan penelitian mengenai pengaruh penambahan kombinasi hormon 2,4-D dan BAP terhadap pembentukan kalus embriogenik dari eksplan cengkeh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi ilmiah pengaruh hormon 2,4-D dan BAP terhadap pembentukan kalus embriogenik dari eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*.

## B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian "Pengaruh Hormon 2,4-D dan BAP terhadap Pembentukan Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *In vitro*" yaitu:

1. Bagaimana pengaruh hormon 2,4-D dan BAP terhadap pembentukan kalus embriogenik dari eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*?
2. Berapakah konsentrasi optimal dari hormon 2,4-D dan BAP untuk pembentukan kalus embriogenik dari eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*?

## C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh hormon 2,4-D dan BAP terhadap kalus embriogenik eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*.
2. Mengetahui konsentrasi optimal dari hormon 2,4-D dan BAP untuk kalus embriogenik eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro*.

## D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yakni:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah dalam pengembangan riset kultur jaringan cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.).
2. Dapat memberikan wawasan baru dalam bidang bioteknologi tanaman khususnya mengenai mikropropagasi cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) dengan hormon 2,4-D dan BAP.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian "Pengaruh Hormon 2,4-D Dan BAP terhadap Pembentukan Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *In vitro*" dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan hormon 2,4-D dan BAP dalam media MS berpengaruh terhadap kecepatan pembentukan kalus pada eksplan daun cengkeh, jumlah kalus yang dihasilkan, serta morfologi kalus berupa kalus remah dan kompak berwarna putih kekuningan hingga kuning. Selain itu, eksplan juga menunjukkan respons berupa pelengkungan, pembengkakan, dan pembentukan kalus.
2. Konsentrasi optimal hormon 2,4-D dan BAP untuk pembentukan kalus embriogenik eksplan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) secara *in vitro* diperoleh pada perlakuan D3P2.

#### **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Pemilihan eksplan perlu diperhatikan untuk meningkatkan keberhasilan respons kultur *in vitro*. Eksplan sebaiknya berasal dari jaringan muda karena kandungan senyawa fenoliknyanya lebih rendah sehingga dapat meminimalkan terjadinya *browning*. Pencegahan *browning* juga dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa penyerap fenolik atau antioksidan pada media, seperti arang aktif, *polyvinylpyrrolidone* (PVP), asam sitrat, dan asam askorbat.
2. Sterilisasi eksplan lebih diperhatikan lagi untuk meminimalisir terjadinya kontaminasi secara internal ataupun eksternal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan evaluasi dan pengembangan metode sterilisasi eksplan untuk memastikan tingkat keberhasilan kultur yang lebih optimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengamati perbedaan respons pembentukan kalus pada bagian basal, tengah, dan pucuk daun cengkeh untuk mengetahui pengaruh posisi eksplan terhadap jumlah kalus yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, D. M., Madjid, A., Wardati, I., & Asmono, S. L. (2024). Pengaruh Kombinasi ZPT IAA dan BAP terhadap Induksi Tunas Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Varietas Kasturi 2 secara In Vitro. *Jagad Tani: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2), 98–112.
- Abdullah, A., Lestari, C., & Numba, S. (2024). Pengaruh Air Kelapa Muda Terhadap Pertumbuhan Kalus Secara In Vitro Dua Varietas Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 8(1), 1–8.
- Adhinugraha, Q. S. (2024). Embriogenesis Somatik Kopi: Prinsip dan Keunggulannya : Review. *Agriculture and Biological Technology (AGIOTECH)*, 1(2), 10–16.
- Admojo, L., & Indrianto, A. (2016). Pencegahan Browning Fase Inisiasi Kalus Pada Kultur Midrib Daun Klon Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) PB 330. *Jurnal Penelitian Karet*, 34(1), 25–34.
- Ajjiah, N. (2016). Pengaruh Komposisi Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Embrio Somatik Kakao. *Jurnal TIDP*, 3(3), 127–134.
- Alfian, A., Mahulette, A. S., Zainal, M., Hardin, & Bahrin, A. H. (2019). Morphological Character of Raja Clove (*Syzygium aromaticum* L. Merr & Perry.) Native from Ambon Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 1–4.
- Andrea, V., & Najini, R. (2024). Review: Pengaruh Variasi Kombinasi Zat Pengatur Tumbuhan (ZPT) dalam Induksi Kalus Embriogenik. *J-POP: Journal Pharmacy Of Tanjungpura*, 2(1), 1–14.
- Andriani, D., & Heriansyah, P. (2021). Characteristics of Fungi Contaminant in Tissue Culture of Bromheadia finlaysoniana (Lind.) Miq. *Akta Agrosia*, 24(2), 51–55.
- Arimarsetiowati, R. (2012). Kultur Jaringan Tanaman Kopi. *Warta*, 24(2), 13–17.
- Asmono, S. L., Wardana, R., & Rahmawati, R. (2021). Optimasi Metode Sterilisasi Eksplan Daun Kopi Arabika ( *Coffea Arabica* L .) dan Robusta ( *Coffea Canephora* Var . Robusta chev .) secara In Vitro. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 21(3), 140–145.
- Astuti, A. T., Noli, Z. A., & Suwirmen, S. (2019). Induksi Embriogenesis Somatik Pada Anggrek Vanda Sumatrana Schltr. dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D). *Jurnal Biologi UNAND*, 7(1), 6–13.
- Avila-Victor, C. M., Arjona-Suárez, E. de J., Iracheta-Donjuan, L., Valdez-Carrasco, J. M., Gómez-Merino, F. C., & Robledo-Paz, A. (2023). Callus Type, Growth Regulators, and Phytigel on Indirect Somatic Embryogenesis of Coffee (*Coffea arabica* L. var. Colombia). *Plants*, 12(20).
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyakan Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensia*, 10(1), 64–73.



- Batiha, G. E. S., Alkazmi, L. M., Wasef, L. G., Beshbishy, A. M., Nadwa, E. H., & Rashwan, E. K. (2020). *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional Uses, Bioactive Chemical Constituents, Pharmacological and Toxicological Activities. *Biomolecules*, *10*(202), 1–16.
- Budaya, M. S., Mursyanti, E., & Yuda, P. (2022). Transformasi Genetik pada Kalus Embriogenik Tanaman Suku Rubiaceae. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, *7*(2), 94–107.
- Cheng, Z., Jin, C., Yi, M., Xie, J., Lai, M., Xiao, X., & Zhang, L. (2025). Long term proliferation and physiological response of embryogenic callus in Slash pine (*Pinus Elliottii* Engelm). *Scientific Reports*, *15*(1), 1–13.
- Choiri, H., Suada, I. K., & Adiartayasa, W. (2019). Kultur Jaringan Tanaman Anthurium (*Anthurium andraeanum* var. tropical) pada Media MS dengan Penambahan Zat Pengatur Tumbuh BAP dan NAA. *J Agroteknologi Tropika*, *8*(3), 284–293.
- Cordeiro, D., Canhoto, J., & Correia, S. (2025). Analysing the loss of embryogenic competence in long-term cell lines of *Solanum betaceum* Cav.: involvement of miR827, phosphate and sugar. *BMC Plant Biology*, *25*(1).
- Darwati, I., & Mariska, I. (1990). *Kemungkinan Perbanyakan Cengkeh secara Vegetatif* (pp. 417–422). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.
- Farlisa, V. Y., Dewanti, P., Haruyono, K., Handoyo, T., & Restanto, D. P. (2022). Induksi Somatic Embriogenesis dan Kultur Suspensi Sel pada Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, *6*(2), 111–123.
- Fatana, D., Suharli, L., & Sandra, E. (2024). Pembuatan Media MS (*Murashigae and Skoog*) dengan Tambahan Konsentrasi ZPT secara *In Vitro*. *Jurnal Satwa Tumbuhan Indonesia*, *1*(1), 9–14.
- Garcia, C., Furtado de Almeida, A. A., Costa, M., Britto, D., Valle, R., Royaert, S., & Marelli, J. P. (2019). Abnormalities in Somatic Embryogenesis Caused by 2,4-D: An Overview. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *137*(2), 193–212.
- Habibah, N. A., Sumadi, & Ambar, S. (2013). Optimasi Sterilisasi Permukaan Daun dan Eliminasi Endofit pada Burahol. *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*, *5*(2), 94–99.
- Handayani, A. T., Sandra, E., & Faizah, H. (2022). Optimasi Sterilisasi Eksplan Daun Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria* Sp.) Pada Kultur *In Vitro*. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, *10*(1), 109–124.
- Hapsoro, D., & Yusnita. (2022). Embriogenesis Somatik *In Vitro* untuk Perbanyakan Klonal dan Pemuliaan Tanaman. In *Pusaka Media* (Issue 1).
- Hariyati, M., Bachtiar, I., & Sedijani, P. (2016). Induksi Kalus Tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*) dengan Pemberian *Benzil Amino Purin* (BAP) dan



- Dichlorofenoksi Acetil Acid (2,4 D)*. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(1), 89–96.
- Hidayat, Y. (2008). Keefektifan Bahan Sterilisasi dalam Pengendalian Kontaminasi pada Pertumbuhan Kultur Zygotik Surian (*Toona sinensis* Roem). *Wana Mukti Forestry Resaerch Journal*, 6(1), 35–44.
- Hutabarat, C. T., Restiani, R., & Prasetyaningsih, A. (2022). Pengaruh Sterilisasi Tunggal dan Kombinasi pada Kultur *In Vitro* Nodus Kepel (*Stelechorcarpus burahol* Hook F. & Thomson). *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 9(2), 235–246.
- Hutami, S. (2008). Masalah Pencoklatan pada Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 4(2), 83–88.
- Indrawati, W., Hakim, R. J., Arisandi, R. F., Rahma, S., & Sari, U. (2023). Pelatihan Pembuatan Larutan dengan Berbagai Konsentrasi di Pondok Pesantren Nurul Iman Parung. *Abdi Laksana : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 371–376.
- Indria, W., Mansyur, & Husni, A. (2016). Pengaruh Penambahan Zat Pengatur Tumbuh Benzyl Adenine (BA) terhadap Induksi Kalus Embriogenik Rumput Gajah Varietas Hawaii (*Pennisetum purpureum* cv. Hawaii). *Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran*, 2(1), 1–12.
- Iwase, A., Harashima, H., Ikeuchi, M., Rymen, B., Ohnuma, M., Komaki, S., Morohashi, K., Kurata, T., Nakata, M., Ohme-takagi, M., Grotewold, E., & Sugimoto, K. (2017). WIND1 Promotes Shoot Regeneration through Transcriptional Activation of Enhancer Of Shoot Regeneration1 in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 29, 54–69.
- Iwase, A., Kondo, Y., Laohavisit, A., Takebayashi, A., Ikeuchi, M., Matsuoka, K., Asahina, M., Mitsuda, N., Shirasu, K., Fukuda, H., & Sugimoto, K. (2021). WIND transcription factors orchestrate wound-induced callus formation , vascular reconnection and defense response in Arabidopsis. *New Phytologist*, 232(2), 734–752.
- Jakoni, & Elfiani. (2020). Sterilisasi Eksplan dan Sub Kultur Anggrek, Sirih Merah dan Krisan pada Perbanyakan Tanaman secara *In Vitro*. *Jurnal Dinamika Pertanian*, 30(2), 117–124.
- Jayusman, J., Hakim, L., & Dalimunthe, A. (2022). Season, Basal Media and Plant Growth Regulators Effect in Wood Plant *In Vitro* Propagation: A Comprehensive Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1115(1), 1–11.
- Juliana, T., Isda, M. N., & Iriani, D. (2019). Somatic Embryogenesis of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Callus from Bengkalis Origin with of BAP and Honey in *Vitro*. *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi*, 12(1), 8–17.
- Kamsurya, M. Y., Ala, A., Musa, Y., & Rafiuddin. (2023). Characteristics of the Forest Clove Plant Organ (*Syzygium obtusifolium* L.) Endemic Maluku, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 1–9.
- Kementerian Pertanian RI. (2013). *Keputusan Menteri Pertanian No*

198/Kpts/Sr.120/1/2013 tentang Pelepasan Populasi Cengkeh Zanzibar Gorontalo Sebagai Varietas Unggul. 1–5.

- Kementerian Pertanian RI. (2015). *Keputusan Menteri Pertanian RI No 315/Kpts/KB.020/10/2015 tentang Pedoman Produksi, Sertifikasi, Peredaran dan Pengawasan Benih Tanaman Cengkeh (Eugenia aromatica O.K.)*. 1–61.
- Khumaida, N., & Handayani, T. (2010). Induksi dan Proliferasi Kalus Embriogenik pada Beberapa Genotipe Kedelai. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 38(1), 19–24.
- Lakshmi, J. K., Bhavyashree, U., Lakshmi Jayaraj, K., Rachana, K., Muralikrishna, K., Sajini, K., Rajesh, M., & Karun, A. (2015). Maintenance of embryogenic potential of calli derived from shoot meristem of West Coast Tall cv. of coconut (*Cocos nucifera* L.). *Research Article Journal of Plantation Crops*, 43(2), 105–116.
- Latunra, A. I., Masniawati, T., Aspanti, W., & Tuwo, M. (2017). Induksi Kalus Pisang Barangan Merah *Musa acuminata* Colla dengan Kombinasi Hormon 2, 4-D dan BAP Secara In Vitro. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 8(15), 53–61.
- Lestari, F. W., Suminar, E., & Mubarak, S. (2018). Pengujian Berbagai Eksplan Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan Penggunaan Konsentrasi BAP dan NAA yang Berbeda. *Jurnal AGRO*, 5(1), 66–75.
- Limahelu, D., & Luhukay, E. M. (2022). *Pengaruh Tingkat Kemasakan Fisiologis terhadap Daya Berkecambah Benih Cengkeh (Syzygium aromaticum L.)*. Direktorat Jenderal Perkebunan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Ambon.
- Liu, X., Zhu, X., Yang, Y., Wei, G., Feng, L., & Bai, M. (2025). Establishment of Genetic Transformation System of Non-Embryogenic Callus in *Rosa rugosa*. *Current Issues in Molecular Biology*, 47(11).
- Lubis, T., Harahap, F., Damanik, J. F., Batubara, W. A., Adelia, I., Apriliani, D., & Sohada, U. (2025). Optimalisasi Sterilisasi Eksplan Daun Kopi Arabika Sidikalang (*Coffea arabica* L.) Untuk Penanaman In Vitro. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(3), 2216–2233.
- Maisyarah, I. T., & Silvia, N. (2021). Kultur Jaringan Tanaman dalam Produksi Senyawa Antikanker: Artikel Ulasan. *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 1(2), 97–106.
- Manzila, I., Hidayat, S. H., Mariska, I., & Sujiprihati, S. (2016). Induksi Kalus serta Regenerasi Tunas dan Akar Cabai melalui Kultur In Vitro. *Jurnal AgroBiogen*, 6(2), 65–74.
- Mastuti, R., Widoretno, W., & Harijati, N. (2020). Kultur Kalus Tanaman Obat Ciplukan (*Physalis angulata* L.). *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 8(1), 26–35.
- Méndez-Hernández, H. A., Ledezma-Rodríguez, M., Avilez-Montalvo, R. N., Juárez-Gómez, Y. L., Skeete, A., Avilez-Montalvo, J., De-La-Peña, C., & Loyola-Vargas, V.

- M. (2019). Signaling Overview of Plant Somatic Embryogenesis. *Frontiers in Plant Science*, *10*(77), 1–15.
- Merthaningsih, N. P., Yuswanti, H., & Astiningsih, A. A. M. (2018). Induksi Kalus pada Kultur Pollen *Phalaenopsis* dengan Menggunakan Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat. *Agrotrop*, *8*(1), 47–55.
- Milićević, Z., Krnjajić, S., Stević, M., Ćirković, J., Jelušić, A., Pucarević, M., & Popović, T. (2022). Encapsulated Clove Bud Essential Oil: A New Perspective as an Eco-Friendly Biopesticide. *Agriculture (Switzerland)*, *12*(338), 1–13.
- Morończyk, J., Braszewska, A., Wójcikowska, B., Chwiałkowska, K., Nowak, K., Wójcik, A. M., Kwaśniewski, M., & Gaj, M. D. (2022). Insights into the Histone Acetylation-Mediated Regulation of the Transcription Factor Genes That Control the Embryogenic Transition in the Somatic Cells of Arabidopsis. *Cells*, *11*(5).
- Na, H., Chun, C., Kwack, Y., Kim, S. K., & Kim, K. W. (2007). Comparative anatomy of embryogenic and non-embryogenic calli from *Pimpinella brachycarpa*. *J. Plant Biol*, *55*, 344–350.
- Nadeak, R., Anna, N., Batara, E., Siregar, M., Kehutanan, S., Pertanian, F., & Utara, U. S. (2012). Respon Eskplan Biji Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk .) terhadap Pemberian NAA dan IBA secara *In Vitro*. *Peronema Forestry Science Journal*, *1*(1), 1–7.
- Namakule, M. Y., Mahulette, A. S., & Matatula, A. J. (2024). Keragaman Morfologi Cengkih Tuni (*Syzygium Aromaticum* L.) Di Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. *Agro Wiralodra*, *7*(1), 1–7.
- Nawawi, I. N. (2019). *Panduan Lengkap & Praktis Budidaya Cengkih yang Paling Menguntungkan* (Agoes (ed.)). Garuda Pustaka.
- Negoro, R. Y., Susiyanti, Isminingsih, S., & Millah, Z. (2024). Inisiasi Kalus Embriogenik Manggis (*Garcinia mangostana* L.) var. Macakal terhadap Pemberian 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6- Benzyl Amino Purine Secara *In Vitro*. *Spizaetus : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, *5*(1), 121–132.
- Oratmangun, K. M., Pandiangan, D., & Kandou, F. E. (2017). Deskripsi Jenis-Jenis Kontaminan dari Kultur Kalus *Catharanthus roseus* (L.) G. Donnaman. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, *6*(1), 47–52.
- Panggabean, N. H., Nurwahyuni, I., Elimasni, & Basyuni, M. (2022). Histological analysis of somatic embryogenesis from shoot explant of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1115*(1), 1–5.
- Pardede, Y., Mursyanti, E., & Sidharta, B. R. (2021). Pengaruh Hormon terhadap Induksi Embrio Somatik Kacapiring (*Gardenia jasminoides*) dan Potensi Aplikasinya dalam Pembuatan Benih Sintetik. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, *6*(3), 162–177.
- Pharmawati, M., & Defiani, M. R. (2021). Pembentukan Kalus, Tunas, dan Akar pada

kultur Anggur Bali (*Vitis vinifera* cv Alphonse Lavallee ) dengan Pemberian NAA dan BAP. *BIO-CONS: Jurnal Biologi Dan Konservasi*, 3(1), 1–10.

- POWO. (2025). *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry. The Royal Botanic Gardens, Kew; Online. <https://powo.science.kew.org/>
- Purba, R. V., Yuswanti, H., & Astawa, I. N. G. (2017). Induksi Kalus Eksplan daun Tanaman Anggur (*Vitis vinifera* L.) dengan Aplikasi 2,4-D Secara in Vitro. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6(2), 218–228.
- Purwianingsih, W., & Yuniarti, L. (2004). Anatomi Kalus dari Eksplan Daun *Catharanthus roseus* (L). G. Don (Tapak Dara). *Jurnal Pengajaran Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 5(1), 19–29.
- Puspita, D. E., Efendi, E., Zakaria, S., & Sriwati, R. (2025). Embryogenic callus formation and morphological alterations in patchouli mutant plantlets in vitro post-gamma-ray irradiation. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11(February), 101147.
- Rahayu, & Mardini, U. (2015). Respon Eksplan Nodus dan Daun Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* L.) pada Media MS dengan Variasi Konsentrasi BAP. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 14(2), 657–661.
- Rahayu, S., & Suharyanto, S. (2020). Induksi Kalus dengan 2,4D dan BAP pada Eksplan Daun Vegetatif dan Generatif Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.). *BioEksakta : Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(3), 478–485.
- Rahman, N., Fitriani, H., Rahman, N., & Hartati, N. S. (2021). Pengaruh Beragam Zat Pengatur Tumbuh terhadap Induksi Kalus Organogenik dari Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Genotipe Gajah dan Kuning. *Jurnal ILMU DASAR*, 22(2), 119–126.
- Ramadhan, T. R., & Habibah, N. A. (2023). Induksi Kalus dari Eksplan Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L. var. Bima Brebes) dengan Penambahan BAP dan Pikloram. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 46(2), 53–60.
- Rasud, Y., Basri, Z., & Sahiri, N. (2019). Induksi Kalus Cengkeh Dari Ekspan Daun Menggunakan 2,4-D Secara in Vitro. *J-PEN Borneo : Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(2), 52–59.
- Rasud, Y., & Bustaman, B. (2020). Induksi Kalus secara *In Vitro* dari Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) dalam Media dengan Berbagai Konsentrasi Auksin. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 67–72.
- Riyadi, I., Efendi, D., Purwoko, B. S., & Santoso, D. (2016). Embriogenesis Somatik Tidak Langsung pada Tanaman Sagu ( *Metroxylon sagu* Rottb .) Menggunakan Sistem Kultur Suspensi , Perendaman Sesaat , dan Media Padat. *Jurnal AgroBiogen*, 12(1), 37–44.
- Rodinah, R., Razie, F., Naemah, D., & Fitriani, A. (2016). Respon Bahan Sterilan pada



- Eksplan Jelutung Rawa (*Dyrra lowii*). *Jurnal Hutan Tropis*, 4(3), 240–245.
- Saepudin, A., Khumaida, N., Sopandie, D., & Ardie, D. S. W. (2017). Induksi dan Proliferasi Embriogenesis Somatik *In Vitro* pada Lima Genotipe Kedelai. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(3), 261–270.
- Sangra, A., Shahin, L., & Dhir, S. K. (2019). *Long-Term Maintainable Somatic Embryogenesis*.
- Saridewi, M. N., Bahar, M., & Anisah, A. (2017). Uji Efektivitas Antibakteri Perasan Jus Buah Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Pertumbuhan Isolat Bakteri Plak Gigi di Puskesmas Kecamatan Tanah Abang Periode April 2017. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(2), 104–110.
- Saripah, S., Susiyanti, S., Isminingsih, S., & Millah, Z. (2024). Efektivitas Penyinaran dan ZPT (2,4-D dengan BAP) terhadap Induksi Kalus Daun Jambu Air (*Syzygium aqueum*) var. Cincalo Weha secara *in Vitro*. *Spizaetus: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 5(1), 80–91.
- Sasmita, H. D., Dewanti, P., & Alfian, F. N. (2022). Somatik Embriogenesis Anggrek *Dendrobium lasianthera* x *Dendrobium antennatum* dengan Penambahan BA dan NAA. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 50(2), 201–207.
- Sfandiyari, S. T., Ghavidel, R. A., & Foroghian, S. (2015). The Effect of Phytohormones on Lavender (*Lavandula Angustifolia* Mill.) Organogenesis. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(7), 338–344.
- Shofiana, R. H., Sulistyowati, L., & Muhibuddin, A. (2015). Eksplorasi Jamur Endofit dan Khamir pada Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta Uji Potensi Antagonismenya terhadap Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 3(1), 75–83.
- Silveira, V., de Vita, A. M., Macedo, A. F., Dias, M. F. R., Floh, E. I. S., & Santa-Catarina, C. (2013). Morphological and polyamine content changes in embryogenic and non-embryogenic callus of sugarcane. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 114(3), 351–364.
- Sitinjak, M. A., Isda, M. N., & Fatonah, S. (2015). Induksi Kalus Dari Eksplan Daun *In Vitro* Keladi Tikus (*Typhonium* Sp.) Dengan Perlakuan 2,4-D Dan Kinetin. *Alkaunyah: Jurnal Biologi*, 8(1), 32–39.
- Soenarsih, S., Wahyudiyono, E., & Manda, A. R. (2021). Keragaman dan Kekerabatan Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) di Pulau Ternate. *Cannarium (Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian)*, 19(2), 65–84.
- Solórzano-Cascante, P., Sánchez-Chiang, N., & Jiménez, V. M. (2018). Explant type, culture system, 6-benzyladenine, meta-topolin and encapsulation affect indirect somatic embryogenesis and regeneration in carica papaya l. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1–12.

- Srilestari, R., Wijayani, A., & Supriyanta, B. (2020). In vitro addition of benzyladenine (BA) and thiamine on growth of abaca banana shoots. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(6), 960–962.
- Sualang, H., Lengkong, E. F., & Tumewu, P. (2023). Induksi Embriogenesis Somatik Langsung Tanaman Krisan (*Chrysanthemum* sp.) pada Media MS dan NAA yang Dikombinasikan dengan Beberapa Konsentrasi Sitokinin. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 4(1), 182–190.
- Sugiyarto, L., & Kuswandi, P. C. (2014). Pengaruh 2, 4 Diklorofenoksiasetat (2, 4-D) dan Benzyl Aminopurin (BAP) terhadap Pertumbuhan Kalus Daun Binahong (*Anredera cordifolia* L.) serta Analisis Kandungan Flavonoid Total. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(1), 23–30.
- Sulichantini, E. D., Nazari, A. P. D., & Nuansyah, A. (2024). Jurnal Agrotek Tropika. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2), 400–409.
- Sulikah, S., Yulianti, F., & Azmi, T. K. K. (2022). Induksi Tunas Ubi Jalar Kuning Aksesori Arnet Secara in Vitro Dengan Pemberian Bap. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 8(2), 65–74.
- Suparman, Nurhasanah, & Papuangan, N. (2017a). Analisis Pengelompokan Varietas Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merril & Perry)) Berdasarkan Kemiripan Morfometrik Di Pulau Ternate. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 4(2), 41–52.
- Suparman, Nurhasanah, & Papuangan, N. (2017b). Pemetaan Populasi dan Tipe Varietas Lokal Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) di Kecamatan Pulau Ternate. *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi 2017*, 239–244.
- Tabiyeh, D. T., Bernard, F., & Shacker, H. (2006). Investigation of Glutathione, Salicylic acid and GA 3 Effects on Browning in *Pistacia vera* Shoot Tips Culture. *International Society for Horticultural Science*, 726(31), 201–203.
- Tanjung, S. P., Damanik, R. I. M., & Siregar, L. A. M. (2017). Potensi Terbentuknya Kalus Embriogenik pada Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max*(L.) Merrill) Toleran terhadap Kondisi Hipoksia secara In Vitro. *Jurnal Agroteknologi FP USU*, 5(3), 546–558.
- Tarigan, S. D. S., Astarini, I. A., & Astiti, N. P. A. (2023). Inisiasi Kalus Bangle (*Zingiber purpureum* Roscoe) pada Beberapa Kombinasi 2.4-D dan Kinetin. *J. Hort. Indonesia*, 14(2), 93–99.
- Tjitrosoepomo, G. (2020). *Morfologi Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press.
- Towaha, J. (2012). Manfaat Eugenol Cengkeh dalam Berbagai Industri Di Indonesia. *Perspektif*, 11(2), 79–90.
- Tulungen, F. R. (2019). Cengkeh dan Manfaatnya bagi Kesehatan Manusia Melalui Pendekatan Competitive Intelligence. *Biofarmasetikal Tropis ((The Tropical Journal of Biopharmaceutical)*, 2(2), 158–169.

- Ulath, Y., Mahulette, A. S., & Raharjo, S. H. T. (2023). Diversity of Morphology and Reproduction Phenology of Clove Germplasm on Manipa Island , Western Seram , Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 19(2), 149–157.
- Vilela, M. S. P., E Andrade, J. de C., Santos, R. S., Stein, V. C., Alves, P. C. M. S., & Paiva, L. V. (2021). Induction and maintenance of embryogenic characteristics of callus of the oil palm hybrid manicoré. *Revista Arvore*, 45, 1–14.
- Wang, Y., Letham, D. S., John, P. C. L., & Zhang, R. (2016). Synthesis of a Cytokinin Linked by a Spacer to Dexamethasone and Biotin: Conjugates to Detect Cytokinin-Binding Proteins. *Molecules*, 21(5), 1–14.
- Warseno, T., & Putri, D. M. S. (2018). Multiplikasi Tunas dan Induksi Perakaran pada Perbanyak Rhododendron radicans J.J.Sm (Ericaceae) Secara In Vitro. *Jurnal Hortikultura*, 28(1), 51–58.
- Wati, T., Astarini, I. A., Pharmawati, M., & Hendriyani, E. (2020). Perbanyak Begonia bimaensis Undaharta & Ardaka dengan Teknik Kultur Jaringan. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 7(1), 112–122
- Wulandari, S., Nisa, Y. S., Taryono, T., Indarti, S., & Sayekti, R. R. S. S. (2021). Sterilisasi Peralatan dan Media Kultur Jaringan. *Agrotechnology Innovation (Agrinova)*, 4(2), 16–19.
- Wulannanda, A., Anwar, S., & Kusmiyati, F. (2023). Kajian Penambahan Kinetin dan 2,4-D terhadap Pertumbuhan Kultur Jaringan Tanaman Pisang Barangan (Musa paradisiaca L.) pada Fase Subkultur. *Agroteknika*, 6(1), 1–12. var. Raja Bulu) secara In Vitro. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(1), 20–28.
- Zhang, S., Yan, S., An, P., Cao, Q., Wang, C., Wang, J., Zhang, H., & Zhang, L. (2021). Embryogenic callus induction from immature zygotic embryos and genetic transformation of Larix kaempferi 3x Larix gmelinii 9. *PLoS ONE*, 16, 1–26.
- Ziraluo, Y. P. B. (2021). Metode Perbanyak Tanaman Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas Poiret) dengan Teknik Kultur Jaringan atau Stek Planlet. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(3), 1037–1046.
- Zulkifli, Z., Herman, & Sari, P. L. (2017). Pengaruh Konsentrasi Bayclin pada Pencucian II dan BAP pada Media MS terhadap Pertumbuhan Eksplan Tanaman Pisang Klutuk (Musa paradisiaca L.) secara In Vitro. *Jurnal Riau Biologia*, 2(2), 106–111.