

**PENGARUH KOMBINASI HORMON NAA DAN BAP
TERHADAP REGENERASI KULTUR JARINGAN
CEMARA UDANG
(*Casuarina equisetifolia*)**

SKRIPSI

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



Disusun oleh :

Isti Sholikhah

18106040033

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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

2023



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-1480/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Kombinasi Hormon NAA dan BAP terhadap Regenerasi Kultur Jaringan Cemara Udang (Casuarina equisetifolia)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ISTI SHOLIKHAH
Nomor Induk Mahasiswa : 18106040033
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

Asri Insiana Putri
SIGNED

Valid ID: 64881f07b188c



Penguji I

Shilfiana Rahayu, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6482ded845b11



Penguji II

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

Valid ID: 648819b576138



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

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

Valid ID: 64882ee8811ad

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Isti Sholikhah
NIM : 18106040033
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, 20 Mei 2023

Vano menyatakan,

NIM. 18106040033

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



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

Assalamualaikum Wr. Wb.

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

Nama : Isti Sholikhah
NIM : 18106040033
Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi Hormon NAA dan BAP terhadap Regenerasi Kultur Jaringan Cemara Udang (*Casuarina equisetifolia*)

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 dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 22 Mei 2023

Pembimbing I

DR. Ir. Asri Insiana Putri, M. P.
NIP. 19660914 200501 2 003

Pembimbing II

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

MOTTO

“Good things come to those who work for it”

“it’s not enough to just start, you have to keep going too”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada
Almamater tercinta Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH KOMBINASI HORMON NAA DAN BAP TERHADAP REGENERASI KULTUR JARINGAN CEMARA UDANG (*Casuarina equisetifolia*)” dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi banyak pihak yang memberikan bantuan, dorongan, dan saran sehingga penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Khurul Wardati, M.Si., sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Nadja Rifqiyati, M. Si., sebagai Ketua Program Studi dan Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Biologi.
3. Ibu Dr. Ir. Asri Insiana Putri, M. P., sebagai peneliti dan pembimbing yang senantiasa memberikan dukungan, masukan, saran, serta ilmunya kepada penulis.
4. Ibu Shilfiana Rahayu, M. Sc., selaku dosen pembimbing yang telah senantiasa membimbing dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu dan ilmunya kepada penulis.
5. Bapak/Ibu Dosen Prodi Biologi yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmunya selama masa perkuliahan.
6. PLP Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu dalam proses penelitian.

7. Keluarga tercinta Bapak Mulyanto, Ibu Ngatini, Mbak Asih, Mas Slamet, Egga dan Ezza yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
8. *Support System* terbaik Mumung Ridhuan Munggara yang senantiasa memberikan dukungan dan selalu sabar mendengarkan segala keluhan.
9. Sobat Laboratorium Embriologi Windi Dyah Nuraini yang telah membantu dalam proses penelitian maupun penyusunan data penelitian.
10. Ruang Sambat Naza Alfi Rahma dan Amalia Nur Hardiawati yang telah memberikan dukungan moril dan senantiasa menemani proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman Biologi 18 yang sudah bersedia membantu dalam proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya untuk kultur jaringan cemara udang.

Yogyakarta, 18 April 2023

Penulis,



Isti Sholikhah
18106040033

**PENGARUH KOMBINASI HORMON NAA DAN BAP TERHADAP
REGENERASI KULTUR JARINGAN CEMARA UDANG
(*Casuarina equisetifolia*)**

Isti Sholikhah
18106040033

ABSTRAK

Cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) merupakan salah satu spesies yang berpotensi sebagai alternatif bahan baku pulp yang bersifat *fast-growing* dan mampu beradaptasi dalam berbagai kondisi lahan. Program pemuliaan pohon cemara udang di Indonesia saat ini belum banyak dilakukan, oleh karena itu teknik perbanyakan kultur jaringan cemara udang yang tepat perlu diketahui guna mendorong penyediaan klon bibit unggul tanaman cemara udang sebagai pengembangan alternatif bahan baku pulp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian hormon NAA dan BAP serta mengetahui respon tumbuh terbaik eksplan cemara udang yang ditanam pada media MS dan ½ MS. Penelitian ini menggunakan bibit cemara udang umur 8 bulan dengan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu konsentrasi media basal MS dan ½ MS. Faktor kedua yaitu hormon NAA (0 mg/l, 0.5 mg/l, dan 1 mg/l) dan BAP (0 mg/l, 1 mg/l, dan 2 mg/l). Hasil penelitian dapat diketahui bahwa kualitas eksplan lebih baik pada media ½ MS dibandingkan pada media MS. Kontaminasi pada penelitian ini tergolong tinggi dan menjadi penyebab utama kematian eksplan. *Browning* media hanya 13,3%. Pada penelitian ini pemberian hormon NAA secara individu justru menghilangkan respon terbentuknya tunas baru dan lebih mengarahkan kepada pertumbuhan kalus. Konsentrasi terbaik untuk induksi tunas yaitu pada perlakuan B1, A2, A1 dan B2, sedangkan untuk induksi kalus pada perlakuan A2, A7, dan A8. Metode sterilisasi pada penelitian ini perlu dikaji ulang guna diperoleh kultur aksenik yang tinggi.

Kata kunci : *Casuarina equisetifolia*, kultur jaringan, NAA, BAP

**THE EFFECT OF THE NAA AND BAP HORMONE COMBINATION ON
TISSUE CULTURE REGENERATION OF CEMARA UDANG
(*Casuarina equisetifolia*)**

Isti Sholikhah
18106040033

ABSTRACT

Cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) is one of the species that have the potential as an alternative pulp raw material that is fast-growing and able to adapt to various land conditions. The tree improvement program of cemara udang in Indonesia is currently not widely carried out, therefore the proper cemara udang tissue culture propagation technique needs to be known to encourage the provision of superior seedling clones of cemara udang as an alternative pulp raw material development. This study aims to determine the effect of NAA and BAP hormones and determine the best growth response of cemara udang explants grown on MS and ½ MS media. This study used cemara udang seedlings aged 8 months with a Factorial Complete Randomized Design with 2 treatment factors. The first factor is MS and ½ MS basal media. The second factor is the hormone NAA (0 mg/l, 0.5 mg/l, and 1 mg/l) and BAP (0 mg/l, 1 mg/l, and 2 mg/l). The results showed that the quality of explants was better on ½ MS media than on MS media. Contamination in this study was high and became the main cause of explant death. Browning on the media is 13,3%. In this study, the application of the hormone NAA individually actually eliminated the response of the formation of new shoots and directed more to the growth of calli. The best concentration for shoot induction is in the B1, A2, A1, and B2 treatments, while for callus induction in the A2, A7, and A8 treatments. The sterilization method in this study needs to be reviewed to obtain a high axenic culture.

Kata kunci : *Casuarina equisetifolia*, tissue culture, NAA, BAP

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Tinjauan Umum Cemara Udang (<i>Casuarina equisetifolia</i>).....	8
B. Kultur Jaringan <i>Casuarina equisetifolia</i>	16
C. Media Basal Murashige and Skoog (MS).....	18
D. Hormon NAA dan BAP	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	24
B. Alat dan Bahan.....	24
C. Rancangan Percobaan	25
D. Variabel Penelitian.....	26
E. Prosedur Kerja.....	27
F. Analisis Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Pengamatan Warna dan Kondisi Eksplan	35

B. Persentase Kontaminasi Eksplan.....	44
C. Persentase Kematian Eksplan	51
D. Persentase <i>Browning</i> Media.....	55
E. Respon Pembentukan Tunas	59
F. Respon Pembentukan Kalus.....	68
BAB V PENUTUP.....	74
A. Kesimpulan	74
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Media Murashige and Skoog (MS).....	19
Tabel 2. Kombinasi Perlakuan NAA dan BAP	26
Tabel 3. Warna Eksplan Berdasarkan Pengamatan Menggunakan <i>Munsell Color Chart for Plant Tissue</i>	38
Tabel 4. Persentase Kontaminasi Eksplan	45
Tabel 4.1 Jumlah Kontaminasi yang Muncul	46
Tabel 5. Persentase Kematian Eksplan	51
Tabel 5.1 Macam Penyebab Kematian Eksplan.....	51
Tabel 6. Persentase <i>Browning</i> Media.....	56
Tabel 7. Respon Pembentukan Tunas	61
Tabel 8. Respon Pembentukan Kalus	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. (A) Pohon Cemara Udang Dewasa (B) Bibit Pohon Cemara Udang Umur 6 Bulan	9
Gambar 2. Daun Cemara Udang	10
Gambar 3. Bintil Akar pada Cemara Udang	11
Gambar 4. Warna dan kondisi eksplan pada perlakuan umur 3 HST dan 31 HST (A0) MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 0 mg/l, (A1) MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 1 mg/l, (A2) MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 2 mg/l, (A3) MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 0 mg/l, (A4) MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 1 mg/l, (A5) MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 2 mg/l, (A6) MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 0 mg/l, (A7) MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 1 mg/l, (A8) MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 2 mg/l, (B0) ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 0 mg/l, (B1) ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 1 mg/l, (B2) ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 2 mg/l, (B3) ½ MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 0 mg/l, (B4) ½ MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 1 mg/l, (B5) ½ MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 2 mg/l, (B6) ½ MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 0 mg/l, (B7) ½ MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 1 mg/l, (B8) ½ MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 2 mg/l.....	36
Gambar 5. Jumlah Warna Eksplan yang paling Banyak Muncul pada 31 HST (A) Media Basal MS (B) Media Basal ½ MS	40
Gambar 6. Eksplan yang terkontaminasi pada 31 HST. (A) “→” Kontaminasi jamur berspora hitam dan putih. (B) “→” Kontaminasi bakteri/lendir warna kuning	49
Gambar 7. Eksplan yang Mengalami <i>Browning</i> pada Umur 31 HST.....	58
Gambar 8. Eksplan yang Mengalami <i>Budbreak</i> /pembengkakan	60
Gambar 9. Morfologi Tunas yang Terbentuk pada Perlakuan. (A0) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 0 mg/l, (A1) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 1 mg/l, (A2) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 2 mg/l, (B0) Perlakuan media ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 0 mg/l, (B1) Perlakuan media ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 1 mg/l, (B2) Perlakuan media ½ MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 2 mg/l.	61
Gambar 10. Perlakuan yang Muncul Kalus pada 31 HST (A2) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0 mg/l + BAP 2 mg/l, (A4) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 1	

mg/l, (A5) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 2 mg/l, (A7) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 1 mg/l, (A8) Perlakuan media MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 2 mg/l, (B4) Perlakuan media ½ MS dengan hormon NAA 0.5 mg/l + BAP 1 mg/l, (B8) Perlakuan media ½ MS dengan hormon NAA 1 mg/l + BAP 2 mg/l.71



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Respon Pertumbuhan Eksplan pada Usia 42 HST.....	88
Lampiran 2. Hari Muncul Tunas	92
Lampiran 3. Panjang Tunas.....	92
Lampiran 4. Banyak Tunas Baru Muncul	92
Lampiran 5. Hari Muncul Kalus	92
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	93



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Produktivitas hutan tanaman di Indonesia saat ini belum mampu memasok kebutuhan bahan baku kayu industri. Hutan Tanaman Indonesia (HTI) sebagai hutan pemasok kebutuhan kayu untuk industri pulp dan kertas, masih mendapati kendala antara lain serangan hama penyakit dan terbatasnya jenis yang mampu tumbuh pada lahan marginal (Nuroniah, 2019). Penggunaan akasia dan eukaliptus yang ditanam di areal HTI sebagai bahan baku produksi pulp rentan terserang penyakit busuk akar akibat jamur *Ganoderma philippii* (Sulendra *et al.*, 2017) dan busuk batang akibat jamur *Ceratocytis* (Rahayu *et al.*, 2015), sehingga berpengaruh terhadap penurunan produktivitasnya. Permasalahan lainnya antara lain yaitu mempunyai produktivitas biomasa yang rendah, daur tanaman yang panjang (5-7 tahun), menurunnya produktivitas lahan akibat penurunan kualitas tempat tumbuh pada daur kedua dan seterusnya (Suhartati *et al.*, 2014).

Pengembangan alternatif spesies baru untuk bahan baku pulp terus dilakukan guna peningkatan produktivitas maupun kualitas hasil hutan, adapun *Casuarina equisetifolia* adalah salah satu spesies yang berpotensi untuk alternatif tersebut. *C. equisetifolia* atau cemara udang merupakan tanaman rehabilitasi lahan yang memiliki pertumbuhan cepat dan kemampuan adaptasi yang baik dalam berbagai kondisi iklim dan lingkungan (Whistler & Elevitch, 2006). Berkat simbiosisnya dengan frankia, cemara udang toleran terhadap pH tanah berkisar 5-9 (Arrianda, 2017) dan mampu beradaptasi pada kondisi tanah dengan salinitas

tinggi, tanah kering, tanah laterit, tanah bekas tambang, gumuk pasir dan tanah berkapur (Whistler & Elevitch, 2006).

Negara India telah menggunakan pohon cemara udang sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan industri kayu, terutama sebagai bahan baku pulp dan kertas (Ravi *et al.*, 2020). Mahmood (1993) menyatakan bahwa cemara udang memiliki karakteristik kimia yang cocok dijadikan bahan baku pulp antara lain memiliki kandungan lignin rendah yaitu 24% dan kandungan holoselulosa sekitar 74% (Vishnu & Revathi 2019), sehingga dapat meningkatkan rendemen pulp (Vikashini *et al.*, 2018). Hal ini diperkuat dengan penelitian Saptaji *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwasanya pulp yang terbuat dari cemara udang memenuhi standar SNI jika dijadikan spesies alternatif berdasarkan uji fisiknya. Kepadatan dasar kayu, panjang serat, dan ketebalan serat cemara udang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis eukaliptus dan melia (Vishnu & Revathi 2019).

Pemuliaan tanaman dan perbanyakan jenis cemara udang untuk bahan baku pulp dan kertas di Indonesia belum banyak dilakukan, karena spesies ini masih dianggap spesies rehabilitasi lahan (Rosadi, 2020). Status pemuliaan cemara udang di India telah mendapatkan perhatian khusus dengan dibangunnya tempat pemuliaan cemara udang yaitu *Institute Forest Genetics and Tree Breeding* (IFGTB) dan Kebun Benih Semai (KBS) (Warier *et al.*, 2016). Potensi yang tinggi dari cemara udang sebagai bahan baku produksi pulp, memerlukan teknik perbanyakan vegetatif klon unggul hasil pemuliaan untuk memenuhi kebutuhan bibit yang seragam dan identik dengan tetua pada skala luas.

Regenerasi alami biji cemara udang tergolong rendah dengan viabilitas benihnya 7-16% (Alisani *et al.*, 2022). Perbanyak vegetatif makro menghadapi kesulitan menyediakan *rootstock* dan *scion* dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan HTI. Perbanyak vegetatif mikro bibit unggul cemara udang menggunakan kultur jaringan merupakan metode alternatif yang tepat untuk penyediaan stok *plantlet* cemara udang yang dibutuhkan HTI secara berkelanjutan dan dalam skala besar.

Penggunaan kultur jaringan memiliki beberapa kelebihan antara lain adalah bahan tanam yang dihasilkan dalam kultur jaringan memiliki tingkat multiplikasi yang tinggi, bibit tanaman unggul, tahan penyakit, homogen dan identik dengan induknya (Sukmadjaja & Mariska, 2003). Bibit hasil dari kultur jaringan dapat diperoleh dalam waktu yang relatif singkat dan menawarkan produk sesuai yang diinginkan tanpa kendala lingkungan (Isda & Suliansyah, 2009). Penggunaan bibit unggul hasil kultur jaringan akan berdampak pada peningkatan produktivitas dan kualitas bahan baku bagi tanaman kayu energi nasional (Hendrati, 2020).

Keberhasilan dalam penggunaan teknik kultur jaringan dipengaruhi oleh pemilihan jenis media kultur yang digunakan (Ziraluo, 2021). Media basal MS (Murashige & Skoog) merupakan media yang paling umum digunakan karena mengandung semua komponen esensial yang diperlukan pertumbuhan dan perkembangan eksplan (Yusnita, 2015), akan tetapi kandungan media MS yang kompleks berimplikasi pada harga jual media MS yang relatif mahal (Silalahi, 2015). Pierik (1987) menyatakan bahwa kandungan garam yang tinggi pada

media MS tidak selalu menunjang pertumbuhan dan perkembangan eksplan, sehingga modifikasi konsentrasi media MS diperlukan.

Modifikasi konsentrasi MS (Murashige and Skoog) sebelumnya pernah dilaporkan antara lain yaitu pada penelitian Mazri & Meziani (2012) yang mengembangkan teknik mikropropagasi dari kurma *Phoenix dactylifera L.* dengan berbagai media basal yaitu media *Beauchesne* (BM) dan variasi konsentrasi media MS (MS, $\frac{1}{2}$ MS, dan $\frac{1}{3}$ MS), dan didapatkan fase multiplikasi optimal pada media $\frac{1}{2}$ MS yang ditambahkan dengan 0,5 mg/l NOAA dan 0,5 mg/l kinetin. Penelitian yang dilakukan oleh Deng *et al.*, (2015) yang menyebutkan bahwa *Morinda officinalis How.* mengalami pembentukan akar 100% pada media tanam $\frac{1}{2}$ MS yang diberi 0,2 mg/l indole-3-butyric acid setelah 3 minggu kultur. Penelitian Uche *et al.*, (2016) yang membandingkan regenerasi secara *in vitro* *Treculia africana* pada variasi konsentrasi media MS yang berbeda (MS, $\frac{1}{2}$ MS, $\frac{1}{4}$ MS), dan didapatkan pertumbuhan optimal regenerasi *Treculia africana* pada penggunaan media basal MS.

Faktor lain yang berpengaruh dalam teknik kultur jaringan adalah zat pengatur tumbuh (ZPT), yang merupakan arah penentu pertumbuhan dan perkembangan eksplan menjadi struktur morfologi tanaman tertentu (Yusnita., 2015). ZPT yang digunakan dalam kultur jaringan antara lain adalah dari golongan auksin dan sitokinin (Dwiyani, 2015). Salah satu contoh dari jenis auksin adalah NAA (*Naphthalene acetic acid*). Auksin NAA lebih sering digunakan karena memiliki sifat lebih dalam artian stabil tidak mudah terurai

enzim atau pemanasan saat sterilisasi daripada jenis auksin IAA (Mardhiyetti *et al.*, 2015).

Jenis sitokinin yang paling sering digunakan adalah *Benzyl Adenin Purine* (BAP). Sitokinin BAP sering digunakan karena dianggap paling efektif dalam merangsang pembentukan tunas, lebih stabil, dan tahan terhadap oksidasi. Sitokinin BAP juga memiliki harga yang lebih murah diantara sitokinin lainnya (Mashlulah, 2018). Kombinasi hormon auksin dan sitokinin dapat menyebabkan interaksi antagonis maupun sinergis (Fatmawati, 2006), sehingga diperlukan kombinasi hormon auksin dan sitokinin yang tepat untuk memaksimalkan pertumbuhan *planlet* yang dihasilkan.

Percobaan kombinasi hormon NAA dan BAP pada media MS sebelumnya telah dilakukan untuk menumbuhkan kalus terbaik pada tanaman *Toona sinensis* dengan penggunaan hormon NAA 1 mg/l dan BAP 1.5 mg/l (Putri *et al.*, 2021a) dan pada tanaman sengon (*Falcataria moluccana*) dengan penggunaan hormon BAP 0.5 ml/l dan NAA 0.1 ml/l (Putri *et al.*, 2021b). Penelitian yang dilakukan oleh Saravanan (2019) dengan eksplan nodal tanaman *Piper longum L.* yang ditanam pada media MS yang ditambahkan dengan kombinasi hormon BAP 1,5 mg/l dan NAA 0,2 mg/l menghasilkan persentase maksimum perbanyakan tunas dengan jumlah tertinggi $8,00 \pm 0,57$ dan rata-rata panjang tunas $6,46 \pm 0,03$ cm. Penggunaan kombinasi hormon NAA dan BAP pada cemara udang pernah dilaporkan oleh Dede (2020) menggunakan media basal WPM dan dihasilkan pembentukan tunas optimum pada media dengan penambahan BAP 1 mg/l.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian berjudul “Pengaruh Kombinasi NAA dan BAP terhadap Regenerasi Kultur Jaringan Cemara Udang (*Casuarina equisetifolia*) ini penting untuk dilakukan guna mengetahui teknik perbanyakan kultur jaringan cemara udang yang nantinya akan dilanjutkan sebagai teknik produksi massal setelah diperoleh seleksi pemuliaan tanaman. Penelitian ini merupakan penyempurnaan dari teknik yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya Rosadi (2020) sebagai bagian dari upaya dalam mendorong penyediaan klon bibit unggul tanaman cemara udang yang cukup untuk pengembangan alternatif bahan baku pulp.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS terhadap regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*)?
2. Bagaimana pengaruh kombinasi hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS terhadap regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*)?
3. Berapakah konsentrasi terbaik kombinasi hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS untuk regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*)?
4. Bagaimana perbedaan respon pertumbuhan eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*) yang ditanam pada media MS dan media $\frac{1}{2}$ MS?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS terhadap regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*).
2. Mengetahui pengaruh kombinasi hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS terhadap regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*).
3. Mengetahui konsentrasi terbaik kombinasi hormon NAA dan BAP pada media MS dan $\frac{1}{2}$ MS untuk regenerasi eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*).
4. Mengetahui perbedaan respon pertumbuhan eksplan tunas aksiler cemara udang (*C. equisetifolia*) yang ditanam pada media MS dan media $\frac{1}{2}$ MS

D. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi untuk memaksimalkan pemanfaatan cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) di Indonesia yang memiliki potensi industri sebagai bahan baku produksi pulp.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan informasi kepada pelaku perusahaan HTI, perguruan tinggi dan masyarakat umum untuk mendapatkan teknik perbanyakan cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) melalui kultur jaringan menggunakan media MS dan hormon NAA BAP.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Pemberian hormon eksogen NAA secara individu justru menghilangkan respon terbentuknya tunas baru dan lebih mengarahkan kepada pertumbuhan kalus, sedangkan pemberian hormon eksogen BAP secara individu berpengaruh terhadap pembentukan tunas baru. Meningkatnya konsentrasi hormon BAP yang ditambahkan pada penelitian ini memberikan respon yang semakin baik pula.
2. Kombinasi hormon NAA dan BAP yang ditambahkan pada media pada konsentrasi tertentu lebih efektif untuk memicu pertumbuhan kalus dibandingkan dengan pertumbuhan tunas. Perlakuan yang muncul kalus yaitu A2, A4, A5, A7, A8, B4, B8. Kematian eksplan paling banyak ditemukan pada perlakuan A3, A4, A6, B3, dan B6 dengan persentase mencapai 100%. Persentase browning tertinggi ada pada perlakuan A1 dan A2 dengan persentase *browning* media yaitu 40% dan 30%.
3. Konsentrasi kombinasi hormon NAA dan BAP terbaik untuk regenerasi eksplan cemara udang dengan tujuan induksi tunas ada pada perlakuan B1, A2, A1 dan B2 yang ditunjukkan dengan hari muncul tunas tercepat dan panjang tunas tertinggi. Tujuan induksi kalus ada pada perlakuan A2, A7, dan A8 dengan jumlah kalus terbanyak dan kualitas kalus yang baik.
4. Respon pertumbuhan eksplan cemara udang yang ditanam pada media $\frac{1}{2}$ MS menghasilkan kualitas eksplan yang lebih baik jika dibandingkan

dengan eksplan yang ditanam pada media MS. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya eksplan berwarna hijau dan lebih sedikitnya eksplan berwarna coklat pada perlakuan dengan menggunakan media $\frac{1}{2}$ MS. Tunas baru yang terbentuk pada media $\frac{1}{2}$ MS memiliki kualitas yang lebih baik, sedangkan jumlah kalus yang terbentuk lebih baik ditemukan pada media MS dibandingkan dengan media $\frac{1}{2}$ MS.

B. Saran

1. Perlu dilakukan evaluasi ulang mengenai metode teknik sterilisasi eksplan cemara udang usia 8 bulan (*juvenile*).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kultur jaringan cemara udang dengan menggunakan konsentrasi hormon NAA lebih rendah dari 0,5 mg/l dan konsentrasi hormon BAP yang lebih tinggi dari 2 mg/l.
3. Perlu dilakukan waktu inkubasi yang lebih lama guna mengetahui persentase *browning* media dan waktu subkultur tanaman kultur cemara udang.

DAFTAR PUSTAKA

- 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, 2016, 34 (1) : 25-34
- Ahmad I., Hussain T., Irfan A., Muhammad N., Maryam, Muhammad R., Muhammad I. (2013). *Lethal Effects of Secondary Metabolites on Plant Tissue Culture*. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 13 (4) ; 539-547
- Ahmad Z., Yadav V., Anwar S., Abolghassem E., Muthusamy R., Yulong D. (2022). *Micropropagation, encapsulation, physiological, and genetic homogeneity assessment in Casuarina equisetifolia*. Frontiers in Plant Science. 10.3389/fpls.2022.905444
- Alisani, M., Lette L. I., Sumarni K. (2022). *Karakteristik Morfologi Pohon Cemara Laut (Casuarina equisetifolia)*. Journal of Biology Education and Science. Volume. 2 Nomor 2.
- Amente G. & Chimdessa E. (2021). *Control of Browning in Plant Tissue Culture : A Review*. Journal of Scientific Agriculture 2021. 5;67-71. Doi : 10.25081/jsa.2021.v5.7266
- Andaryani, S. (2010). *Kajian Penggunaan Berbagai Konsentrasi BAP dan 2,4-D terhadap Induksi Kalus Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) secara In Vitro*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Anniasari, T.D., R.B.A. Putri. & E.S. Muliawati. (2016). *Penggunaan BA dan NAA untuk merangsang pembentukan tunas lengkung dataran rendah (Dimocarpus longan) secara in vitro*. Bioteknologi, 13(2): 43-53.
- APP. (2017). *Sustainability Report*. Asia Pulp and Paper Indonesia.
- Arab, M. M., Yadollahi, A., Shojaeiyan, A., & Shokri, S. (2014). *Effects of nutrient media ,different cytokinin types and their concentrations on in vitro multiplication of G - N15 (hybrid of almond- peach) vegetative rootstock*. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 12(2), 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2014.10.001>
- Arimarsetiowati, R & Ardiyani, F. (2012). *Pengaruh penambahan auxin terhadap pertunasan dan perakaran kopi arabika perbanyak Somatik Embriogenesis*. Pelita Perkebunan 28(2) 2012, 82-90
- Arrianda, Z. (2017). *Strategi Pengembangan Energi Biomassa dari Cemara Laut (Casuarina equisetifolia) Berbasis Pemberdayaan Masyarakat dan Rehabilitasi Lahan Kritis di Kabupaten Belitung Timur*. Jurnal Ketahanan Energi. Volume 3 Nomor 2
- Ashok K., Gurumurthi K., & Patel M. (1996). *Pulp And Paper Making Properties in 15 Clones of Casuarina Equisetifolia*. IPPTA Vol.-8,No.-4,December 1996

- Atmanto W D, Ndari H W & Sri D. (2017). *Analisis Kondisi Habitat dan Perakaran Tumbuhan Bawah pada Daerah Terbuka dan Di Bawah Tegakan Cemara Udang di Pesisir Lembupurwo, Kebumen*. Scripta Biologica. Vol 4 No. 3
- Atmanto W D, Sumardi, Shiddieq S D, Kabirun S. (2012). *Karakteristik Morfologi dan Pembentukan Bintil Akar pada Cemara Udang*. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. Vol.9 No. 9. 155-163
- Atmanto W D, Winarni W W, Bayu P, & Sri D. (2019). *Pertumbuhan Cabang Kayu Cemara pada Jarak Tanam yang Berbeda*. Life Science 8 (2)
- Avivi, S., Ubaidillah, M., Setiyono, Atiqoh, R. (2022). *Pengaruh BAP, IAA, dan Jenis Eksplan terhadap Efisiensi Regenerasi Tomat Fortuna 23*. Jurnal Agronomi Indonesia. Vol.50 No. 3
- Basri A. H. H. (2016). *Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan dalam Perbanyakan Tanaman Bebas Virus*. Agrica Ekstensi. Vol. 10 No. 1 Juni 2016 : 64-73
- Basto, S., Serrano, C., & Jaramillo, E. H. (2012). *Effects of donor plant age and explants on in vitro culture of Cedrela montana Moritz ex Turcz.* Universitas Scientiarum Univ. Sci. 2012, Vol. 17 (3): 263-271
- Bhojwani, S. S., & Dantu, P. K. (2013). *Plant tissue culture: An introductory text. In Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1026-9>
- Cahyati S, Isda M. N., Wahyu L. (2016). *Induksi Tunas dari Eksplan Kotiledon dan Epikotil In Vitro Jeruk Siam (Citrus nobilis Lour.) Asal Kampar pada Media MS*. Jurnal Riau Biologia 1 (5) : 31-38
- Chaniago, Y. D. S. & Harahap, F. (2018). *Pertumbuhan Kalus pada Eksplan Batang Manggis (Garcinia mangostana L.) yang Ditanam secara In Vitro*. Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya Universitas Negeri Medan, 12 Oktober 2018
- Choiri, H., Suada I. K., & Wayan, S. (2019). *Kultur Jaringan Tanaman Anthurium (Anthurium andraeanum var. tropical) pada Media MS dengan Penambahan Zat Pengatur Tumbuh BAP dan NAA*. Jurnal Agroekoteknologi Tropika. Vol. 8 No. 3
- Chuanjun, X., Zhiwei, R., Ling, L., Biyu, Z., Huang, J., Huang, W., Hu, O. (2015). *The Effects of Polyphenol Oxidase and Cycloheximide on the Early Stage of Browning in Phalaenopsis Explants*. Horticultural Plant Journal, 1 (3): 172–180
- Corduk N. & Aki C. (2011). *Inhibition of browning problem during micropropagation of Sideritis trojana bornm., an endemic medicinal herb of Turkey*. Romanian Biotechnological Letters, Vol. 16, No. 6.
- Damayanti L., Anggraini N F., Nurleli S C., Riri N S, Ike A. (2021). *Optimasi Teknik Sterilisasi Fungsida Benstar dan Dithane M-45 terhadap Kultur Jaringan Tanaman Akasia (Acacia crassicarpa) secara In Vitro*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan. Vol. 4, No.1, September 2021

- Deng C. H., Jin H., dan He H. (2015). *An Efficient Micropropagation System for Morinda officinalis How. (Rubiaceae), an Endangered Medicinal Plant*. Journal Agro Science Tech. Vol. 17: 1609-1618
- Dewi K., Masrizal, Mugiono. (1998). *Regenerasi Tanaman dari Beberapa Sumber Eksplan pada Mutan Kacang Tanah*. Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi.
- Dommergues Y. (1990). *Casuarina equisetifolia: An older time with a new future, NFT Highlight*. Waimanalo USA. Publication of the Nitrogen Fixing Tree Association, PO Box 680.
- Duhoux E., Sougoufara B., Dommergues. (1986). *Propagation of Casuarina equisetifolia through buds of immature female inflorescences cultured in vitro*. Plant cell Reports (1986) 3 : 161-164
- Dwiyani, Rindang. (2015). *Kultur Jaringan Tanaman*. Denpasar Barat. Pelawa Sari "Percetakan & Penerbit"
- Farma Albert, Hikmat A, Rinekso. (2018). *Struktur dan Komposisi Vegetasi di Habitat Cemara Laut (Casuarina equisetifolia L.) pada Tiga Kawasan Konservasi di Provinsi Bengkulu*. Journal of Natural Resources and Environmental Management. 9(3): 596- 607
- Fatmawati, dkk. (2006). *Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh IAA dan BAP pada Kultur Jaringan Tembakau (Nicotiana tabacum L. Var. Prancak 95)*. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Florida Exotic Pest Plant Council. (2013). *Australian Pine Casuarina equisetifolia Management Plan for Florida*. Recommendations from the Australian Pine Task Force. www.fleppc.org
- GoldBiotechnology, 2023. *All About Plant Explants and Calli*. https://goldbio.com/article/About-Plant-Explants-Calli-Overview#_Toc107922020
- Gunawan, et al. (2019). *100 Spesies Pohon Nusantara Target Konservasi Ex situ Taman Keanekaragaman Hayati*. Bogor. IPB Press, Kampus IPB Taman Kencana No.3, Bogor 16151
- Hardarani, N. & Nisa, N. (2022). *Efektivitas Formulasi Sterilan terhadap Jenis Eksplan pada Kultur Durian Lahung (Durio dulcis)*. Jurnal Daun, Vol. 9 No. 2, Desember 2022 : 161 – 176
- Harjadi, Beni. (2017). *Peran Cemara Laut (Casuarina equisetifolia) dalam Perbaikan Iklim Mikro Lahan Pantai Berpasir di Kebumen*. Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Vol. 1 No. 2
- Harliana, Weaniati, Muslimin, IN Suwastika. (2012). *Organogenesis Tanaman Jeruk Keprok (Citrus nobilis Lour.) secara In Vitro pada Media MS dengan Penambahan Berbagai Konsentrasi IAA (Indole Acetid Acid) dan BAP (Benzylaminopurin)*. Jurnal Natural Science. 1.(1): 34-42.

- Helena A., Restiani R., & Dwi A. (2022). *Optimasi Antioksidan sebagai Penghambat Browning pada Tahap Inisiasi Kultur In Vitro Bambu Petung (Dendrocalamus asper)*. Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati, Vol. 7(2): 86-93, Juni 2022 p-ISSN 2527-3221, e-ISSN 2527-323X, <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/biota> DOI: 10.24002/biota.v7i2.4715
- Hendrati R. L. (2020). *Pemuliaan Tanaman Hutan Tropis Penghasil Biomassa Kayu untuk Kemandirian Energi Nasional*. Jakarta. PT Penerbit IPB Press.
- Hendrayono, D. F & A. Wijayani. (1994). *Teknik Kultur Jaringan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Herawan, T., Na'iem M., Sapto I, Ari I, Liliek H, & Titis B W. (2017). *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Pada Induksi Kalus Embriogenik Klon Cendana (Santalum album Linn.)*. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan. Vol. 11 No.2, Desember 2017, p. 151-158
- Huh, Y. S., Lee, J. K., Kim, I. J., Kang, B. G., Lee, K. L. (2015). *Effect of biocide addition on plantlet growth and contamination occurrence during the in vitro culture of blueberry*. J Plant Biotechnol (2015) 42:111–116 DOI:<http://dx.doi.org/10.5010/JPB.2015.42.2.111>
- Hutabarat C T., Restiani R., & Aniek P. (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 (September 2022) DOI: 10.24843/metamorfosa.2022.v09.i02.p01
- Hutami, S. (2008). *Ulasan Masalah Pencoklatan pada Kultur Jaringan*. Jurnal Agrobiogen. 4 ; 83-88
- Indah, P. I. & Ermavitalini, D. (2013). *Induksi Kalus Daun Nyamplung (Calophyllum inophyllum Linn.) pada Beberapa Kombinasi Konsentrasi 6-Benzylaminopurine (BAP) dan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D)*. JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 2, No.1, (2013) 2337-3520 (2301-928X Print)
- Indonesian Pulp & Paper Association. (2019). *Indonesian Pulp & Paper Industry Directory 2019*. Jakarta
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2022. *Casuarina equisetifolia*. Tersedia pada https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=19516#null (diakses tanggal 1 Oktober 2022).
- Invasive Species Specialist Group (ISSG). (2022). *Casuarina equisetifolia*. Global Invasive Species Database.
- Irwanto. (2006). *Penggunaan Tanaman Actinorhizal Casuarina equisetifolia L pada Rehabilitasi Lahan Alang-Alang dengan Sistem Agroforestri*. www.irwantoshut.com
- Isda, M. N & Suliansyah, I. (2009). *Induksi Kalus Centella asiatica Melalui Aplikasi Auksin dan Sitokinin*. Jerami, Vol. 2 No. 3

- Islam, T., Bhattacharjee, B., Shahinul I., Jasim, U., Sreeraman, S. (2015). *Axenic Seed Culture and In Vitro Mass Propagation of Malaysian Wild Orchid cymbidium finlaysonianum Lindl.* Pak. J. Bot., 47(6): 2361-2367, 2015.
- Khrisnamoorthy, H.N. (1981). *Plant growth substance. Including application in agriculture.* New Delhi. Tata Mc. Graw-hill. Publishing Company. 1981.
- Kurnia, A., Rahma D., Hafizah, F., Mutiara, S., Puspa, A. P., Linda A., (2022). *Effect of IAA and BAP Differences on Patchhouli Plant Growth (Pogestemon cablin Benth) In Vitro.* Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. ISSN : 2809-8447
- Lestari, E. (2011). *Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakan Tanaman melalui Kultur Jaringan.* Jurnal AgroBiogen 7(1):63-68
- LIPI. (2014). *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia.* Jakarta. LIPI Press, anggota Ikapi
- Listiyana, N. M. & Rahmanda M. (2021). *Perbandingan Pola Tanam Monokultur dan Tumpang Sari pada Tanaman Tempuyung (Sonchus arvensis L.).* Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-45 UNS Tahun 2021. Vol 5 No.1
- Lizawati. (2012). *Induksi Kalus Embriogenik Dari Eksplan Tunas Apikal Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) Dengan Penggunaan 2,4 D dan TDZ.* 1(2), 75–87.
- Lutfiani I., Lestari A., Nurcahyo W., Sri S. (2022). *Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi NAA (Naphthalene Acetic Acid) dan BAP (Benzyl Amino Purine) terhadap Multiplikasi Tunas Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.).* Jurnal Agrotek Indonesia (7) 1 ; 49-57
- Mahmood, A. (1993). *Suitability of Casuarina equisetifolia Wood for Pulp and Paper Industry in Pakistan.* Pak J. Bot., 25(2):179-182
- Maida S. (2020). *Variasi Media MS (Murashige and Skoog) dengan Ekstrak Jagung Manis pada Perbanyakan Tanaman Anggrek Cattleya (Cattleya L.) secara In-Vitro.* Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Cokroaminoto Palopo
- Manuhara, Y.S.W. (2001). *Regenerasi Tanaman Sawi (Brassica juncea L. var Morakot). Melalui Teknik Kultur Jaringan.* Jurnal MIPA. Universitas Airlangga 6(2): 127-130.
- Mardhiyetti, Syarif Z, Novirman J, Irfan S. (2015). *Pengaruh BAP (Benzil Adenin Purin) dan NAA (Naphthalen Acetic Acid) terhadap Eksplan Tanaman Turi (Sesbania grandiflora) dalam Media Multiplikasi In Vitro.* Pasutra. Vol. 5 Nomer 1
- Mashlulah, Kholidatul. (2018). *Pengaruh Kombinasi NAA (Naphthalene Acetic Acid) dan BAP (6- Benzyl Amino Purine) terhadap Induksi Tunas Aksiler Jamblang (Syzygium cumini L.).* Skripsi Jurusan Biologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Mawaddah S. K., Saputro N. W., & Ani L. (2021). *Pemberian Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan Kinetin terhadap Multiplikasi Tunas Tanaman Jahe (Globba leucantha var. Bicolor Holttum) pada Kultur In Vitro.* Bioma. Vol.23, No. 1, Hal 43-50

- Mazri M M. & Meziani R. (2012). *An Improve Method for Micropropagation and Regeneration of Date Palm (Phoenix dactylifera L.)*. Journal Plant Biochem Biotechnol. 22(2):176-184
- Merthaningsih, N. P., Yuswanti, H., Astiningsih, A. (2018). *Induksi Kalus pada Kultur Pollen Phalaenopsis dengan Menggunakan Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat*. AGROTROP, 8 (1): 47 - 55 (2018) ISSN: 2088-155X
- Munsell Color Chart for Plant Tissue*. 1952. Gretagmacbeth, New Windsor, New York
- Nisa, C. dan Rodinah. (2005). *Kultur Jaringan Beberapa Kultivar Buah Pisang (Musa paradisiacal L.) dengan Pemberian Campuran NAA dan Kinetin*. Jurnal Bioscientiae 2 : 23-36.
- Nurahmah Y, M Yamin Mile & Endah Suhendah. (2007). *Teknis Perbanyak Tanaman Cemara Laut (Casuarina Equisetifolia) pada Media Pasir*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. INFO TEKNIS Vol 5 no 1 Juli 2007
- Nuroniah, H S. (2019). *Bunga Rampai: Peningkatan Produktivitas Hutan Menuju 100 Tahun Merdeka*. Bogor. Penerbit IPB Press
- Nursetiadi, E. (2008). *Kajian Macam Media dan Konsentrasi BAP terhadap Multiplikasi Tanaman Manggis (Garcinia mangostana L.) Secara In Vitro*. Skripsi fakultas Peternakan. Universitas Sebelas Maret.
- Nurwahyuni, I. (2015). *Teknik Kultur Jaringan Tanaman dan Aplikasi untuk Perbanyak Tanaman Keras*. Penerbit Lembaga Penelitian Medan. Universitas Negeri Medan.
- Parthiban, K. T., Rai, R. S. V., Surendran, C & Ravichandran, V. K. (1997). *Callogenesis and Organogenesis in Casuarina equisetifolia F.R & G. Forst .* Indian Journal of Forestry 20 (3), 227-230
- Pierik, R.L.M. (1987). *In Vitro Culture of Higher Plants*. Netherlands: Martinus Nijhoff Publisher Dordrecht
- Plant Cell Technology. (2023). <https://www.plantcelltechnology.com/ppm-product-information/>. Diakses 4 April 2023
- Praseptiana, C., Darmanti, S., & Erma, P. (2017). *Multiplikasi Tunas Tebu (Saccharum officinarum L Var. Bululawang) dengan Perlakuan Konsentrasi BAP dan Kinetin Secara In Vitro*. Buletin Anatomi dan Fisiologi, 2(2), 153-160. <https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.153-160>
- Prasetyorini. (2019). *Buku Ajar : Kultur jaringan*. Bogor. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pakuan
- Pratiwi, D. R. P., Wening S., Erwin N., & Yurna Y. (2021). *Penggunaan Alkohol dan Sodium Hipoklorit sebagai Sterilan Tunggal untuk Sterilisasi Eksplan Kelapa Sawit*. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 2021, 29(1) : 1-10
- Prihastanti, E., Hastuti, E. D., & Sri, W. A. (2020). *Short Communication: Comparing the growth of stem explants between Citrus reticulata var. Tawangmangu and*

C. reticulata var. *Garut* using *in vitro* culture methods. BIODIVERSITAS. Volume 21, Number 12 : 5845-5849

- Purwantara S., Khotimah N., Agus S. (2019). *Persepsi Masyarakat Terhadap Penanaman Cemara Laut (Casuarina Equisetifolia L.) di Lahan Pasir Pantai Selatan Kabupaten Bantul Sebagai Upaya Mitigasi Bencana*. Geomedia : Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian. Geomedia Vol. 12 No. 2
- Putra, A. P. (2019). *Produktivitas Industri Pulp dan Kertas*. Warta Ekspor. Edisi Maret 2019.
- Putri, A I, Nurtjahjaningsih, Istiana P, Mohammad N, Sapto I, Sri R. (2021b). *Callus Induction from Root Fragments of Falcataria moluccana Plantlets*. Preprints (www.preprints.org). doi:10.20944/preprints202109.0227.v1
- Putri, A. I. et al. (2021a). *Callus inducement of Toona sinensis: Potential agents against SARS-Corona virus replication*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 914 (2021) 012078. doi:10.1088/1755-1315/914/1/012078
- Putri, A. I., Herawan, T., Prastyono, & Haryjanto, L. (2017). *Pengaruh Teknik Sterilisasi Eksplan Terhadap Tingkat Perolehan Kultur Jaringan Akseunik Ramin (Gonystylus bancanus)*. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan, 11(2), 131–138. <https://doi.org/10.20886/jpth.2017.11.2.131-138>
- Putri, A. I., Leksono, B., & Windyarini, E. (2019). *Tissue culture sterilization of Callophyllum inophyllum : Renewable energy resources*. AIP Conference Proceedings 2120, 030004 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5115608>
- Putri, et al. (2020). *Effect of methylisothiazolinone biocide in tissue culture sterilization of Casuarina equisetifolia*. IOP Conference Series : Earth and Environment Science. doi:10.1088/1755-1315/522/1/012008
- Rahayu, S. & Suharyanto.(2020). *Induksi Kalus dengan 2,4D dan BAP pada Eksplan Daun Vegetatif dan Generatif Tempuyung (Sonchus arvensis L.)*. BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed Volume 2, Nomor 3 (2020) : 478 – 485
- Rahayu, S., Nurjanto, H. H., & Rahman, G., P. (2015). *Karakter Jamur Ceratocytes sp. Penyebab Penyakit Busuk Batang pada Acacia decurrens dan Status Penyakitnya di Taman Nasional Gunung Merapi, Yogyakarta*. Jurnal Ilmu Kehutanan. Volume 9 No. 2 – Juli-September 2015
- Rahmawati L & Lukmana M. (2019). *Pengaruh Lama Perendaman Sterilisasi Eksplan Daun Karet (Hevea brasiliensis) secara in vitro*. Ziraah, Volume 44 Nomor 3, Oktober 2019.
- Ramadhan R, Harsanto M. , Dwi T. A. , Joko T., Nugroho T. (2020). *Pertumbuhan Jenis Invasif Acacia Decurrens Willd. dan Pengaruh Naungannya terhadap Tanaman Restorasi*. Journal of Biotropical Biology. Vol.8 No.2.
- Ramadiana, S. (2004). *Pengaruh Umur Fisiologis Eksplan Daun Muda dan Zat Pengatur Tumbuh terhadap Pembentukan Tunas Cabai Merah (Capsicum annum L.)*. J. Sains Tek., Agustus 2004, Vol. 10, No. 2

- Raniyati, Y. (2009). *Peranan IAA dan BAP Terhadap Perkembangan Nodul Pisang (Musa AAB) Raja Nangka secara in vitro*. Jurnal Agronomi Vol. 13 No. 1 ISSN 1410-1939.
- Ravi N *et al* (2020). *Casuarina- A Potential Tree Crop For Karnataka*. Int J Recent Sci Res.11(11),pp. 40162-40168. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1111.5639>
- Ren H, Yan Xu , Xiaohong Z , Yan Z , Jamshaid H , Fuqiang C , Guoning Q and Shenkui L. (2022). *Optimization of Tissue Culturing and Genetic Transformation Protocol for Casuarina equisetifolia*. Frontier in Plant Science. Volume 12
- Rimbawanto, A., & Puspitasari, D. (2014). *Mengelola penyakit busuk akar pada tegakan Acacia mangium. Dalam: Prosiding seminar nasional benih unggul*. Yogyakarta. 19-20 November. SEAMEO BIOTROP. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Rosadi, Dede. (2020). *Pengaruh Kombinasi Hormon BAP dan NAA Terhadap Pertumbuhan Eksplan Kultur Jaringan Cemara Udang (Casuarina equisetifolia)*. Skripsi Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Santoso, U. & Nursandi, F. (2004). *Kultur Jaringan Tanaman*. Malang. UMM press.
- Saptaji, M. F., Marsoem, S. N., Lukmandaru, G. (2019). *Rendemen dan Sifat Fisik Pulp Sulfat Kayu Cemara Udang (Casuarina equisetifolia)*. Skripsi. Kehutanan. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- Saputra, I. M. C. A. S, Dwiyani, R. & Hestin Y. (2016). *Mikropropagasi Tanaman Stroberi (Fragaria sp.) melalui Induksi Organogenesis*. E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika. Vol. 5, No. 4, Oktober 2016
- Saravanan, S. (2019). *Efficient Method of Regeneration from Nodal Explants of Piper longum L. (Piperaceae)*
- Sari, Y. P., Kusumawati, E., Saleh, C., Kustiawan, S. (2018). *Effect of sucrose and plant growth regulators on callogenesis and preliminary secondary metabolic of different explant Myrmecodia tuberosa*. NUSANTARA BIOSCIENCE. Vol.10, No.3, pp. 183-192
- Sarkar A. M, M Sarwar J., Jannatun N., Kazi M Y. A., M Mostafizur R., Razia S. P., AHM Shofiul I. M. J., M. Abdul Q. (2021). *Chemical and Morphological Characterization and Pulping of Casuarina equisetifolia*. Nordic Pulp and Research Journal 2021 ; aop
- Satheesikumar P., Murugiayi K., & Gupta A. (2009). *In Vitro Multiplication of Multipurpose Tree Casuarina equisetifolia Linn*. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology. Vol 11, Issue . Page No. 743-749
- Silalahi, M. (2014). *Bahan Ajar : Kultur Jaringan*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia.
- Silalahi, M. (2015). *Pengaruh Modifikasi Media Murashige-Skoog (MS) dan Zat Pengatur Tumbuh BAP terhadap Pertumbuhan Kalus Centella Asiatica L.(Urban.)*. Jurnal Pro life. Volume 2 No. 1

- Sinaulan, J., Lengkong, E. F., & Tulung, S. (2019). *Respon Pembentukan Kalus Embriogenik Tanaman Krisan Kulo ((Chrysanthemum morifolium) terhadap Pemberian Zat Pengatur Tumbuh Sitokinin*. J COCOS 1(1); 1-9
- Sitinjak, M. A., Isda, M. N., Siti F. (2015). *Induksi Kalus daei Eksplan Daun In Vitro Keladi Tikus (typhonium sp.) dengan Perlakuan 2,4-D dan Kinetin*. Al-Kaumiyah Jurnal Biologi Volume 8 Nomor 1.
- Sugiyarto, Lili, & Paramita Cahyaningrum Kuswani. (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).
- Suhartati, Rahmayanto, Y., & Daeng, Y. (2014). *Dampak Penurunan Daur Tanaman HTI Acacia terhadap Kelestarian Produksi, Ekologis dan Sosial*. Info Teknis EBONI. Vol. 11 No. 2. Desember 2014 : 103 – 116
- Sukmadjaja D & Mariska I. (2003). *Perbanyakan Bibit Jati melalui Kultur Jaringan*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Sulendra S., Suryantini R., Reine S W. (2017). *Ketahanan Semai Akasia (Acacia mangium) pada Variasi Umur terhadap Infeksi Ganoderma spp*. Jurnal Hutan Lestari. Vol.5 (3) : 653-658
- Sunaryo, G. D. (2015). *Identifikasi tumbuhan asing invasif di Taman Nasional Tanjung Puting, Kalimantan Tengah, dalam Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* pp. 1034-1039.
- Suparaini, Maizar, & Fathurrahman. (2013). *Penggunaan BAP dan NAA terhadap Pertumbuhan Eksplan Buah Naga (Hylocereus costaricensis) secara In Vitro*. Jurnal Dinamika Pertanian Volume XXVIII Nomer 2 Agustus 2013 (83-90).
- Supatmi, Rahman N., & Sri H. (2018). *Induksi, Multiplikasi dan Pertumbuhan Tunas Ubi Kayu (Manihot esculenta Crantz) Genotipe Ubi Kuning Secara In Vitro*. Jurnal Biologi Indonesia 14(2) : 191-200
- Suseela, M. R. and Toppo, Kiran. (2007). *In vitro clonal propagation of Casuarina equisetifolia Forst. from mature tree-derived explants*. CURRENT SCIENCE, VOL. 92, NO. 3
- Syabana M. A., Marianingsih P., Nuniek H., Iim R. (2017). *Induksi dan Pertumbuhan Kalus Tanaman Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni M.) dengan Perbedaan Konsentrasi PEG (Polyethylene Glycol) pada Kondisi Pencahayaan secara In Vitro*. Biodidaktika, Volume 12 No 2
- Syahbudin A., Adriyanti D T., Hu Bai, Ikuo N, Katsuya O. (2013). *New social values on the establishment of cemara udang (Casuarina equisetifolia) in the Southern Coast of Yogyakarta*. Procedia Environmental Sciences 17 (2013) 79- 88
- Syatria, N & Saprinurdin. (2015). *Induksi tunas kayu bawang (Protium Javanicum Burm F) pada berbagai konsentrasi Benzyl Amino Purinesecara in vitro*. Laporan Penelitian Universitas Bengkulu

- Syatria, N., Suhartoyo, H., & Apriyanto, E. (2019). *Induksi Tunas Sengon (Falcataria moluccana) Bebas Karat Puru secara In Vitro untuk Mendukung Pembangunan Hutan Rakyat secara Berkelanjutan*. Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Volume 8 Nomor 2
- Taji A. M., Dodd W., Richard R. (1992). *Plant Tissue Culture Practice*. Botany Departement. University of New England
- Taji, A., Dodd, W., Williams, R.R. (1997). *Plant Tissue Culture Practice*. University of New England, Armidale, NSW, Australia
- Tanjung, S., Damanik, L., Sirega, L. A. M. (2017). *Potensi Terbentuknya Kalus Embriogenik pada Beberapa Varietas Kedelai (Glycine max(L.) Merrill) Toleran terhadap Kondisi Hipoksi secara In Vitro*. Jurnal Agroekoteknologi FP USU E-ISSN No. 2337- 6597 Vol.5.No.3, Juli 2017 (72): 546- 558
- Thapa, S., Chitale, V., Rijal, S. J., Bisht, N., and Shrestha, B. B. (2018). *Understanding the Dynamics in Distribution of Invasive Alien Plant Species under Predicted Climate Change in Western Himalaya*. PLoS ONE 13(4): 1–16
- Thomson, L., Doran, J., Clarke, B. (2018). *Trees For Life in Oceania : Conservation and Utilisation of Genetic Diversity*. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)
- Tonga, I. B. A. P. S. K. (2013). *Respon Eksplan Biji Gaharu (Aquilaria malaccensis Lamk.) Terhadap Pemberian 2,4-D Secara In Vitro (Effect of Plant Growth Regulator 2,4-D on Seed Explant A. malaccensis in vitro)*. Program studi Kehutanan USU
- Twaji B. M., Jazar Z. H., & Nazmul H. (2020). *Trends in the use of tissue culture, applications and future aspects*. *International Journal of Plant Biology*. doi: 10.4081/pb.2020.8385
- Uche O. C., Agho P, Ejiofor, Okezie C, Eziuche. (2016). *Comparative Growth Rates of Treculia africana Decne: Embryo in Varied Strengths of Murashige and Skoog Basal Medium*. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering Vol:10, No:9, 2016
- Vachlepi, A. (2019). *Prospek Pemanfaatan Karet sebagai Bahan Baku Pembuatan Pulp*. Warta Perkaretan 2019. 38 (1), 47 – 60
- Veltman, R. H., Lenctheric, J., Van der Plas, L. H. W., & Peppelenbos, H. W. (2003). *Inter al browning in pear fruit (Pyrus communis L. cv Conference) maybe a result of limited availability of energy and antioxidants*. Postharvest Boil. Technol 28:295-302.
- Vikashini, B., Shanti, A., Modhumita, G. D. (2018). *Identification and expression profiling of genes governing lignin biosynthesis in Casuarina equisetifolia L*. Volume 676 pages 37-46
- Vishnu R. & Revathi. (2019). *Studies on physical, chemical and fibre morphological parameters of three pulpwood species viz. Eucalyptus, Melia and Casuarina for*

- pulp and paper making*. International Journal of Chemical Studies. 7 (5): 3155-3162
- Wahyuni, A., Satria, B., & Zainal, A. (2020). *Induksi Kalus Gaharu dengan NAA dan BAP Secara In Vitro*. Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi, 22(1), 39–44. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i1.36007>
- Warrier, K., Vishnu, R., Anoop, E. V. (2016). *Wood Property Variation in Selected Clones of Casuarina equisetifolia L. Grown in Karur District, Tamil Nadu for Pulp and Papermaking in book : Casuarina Improvement for Securing Rural Livelihoods (pp.119-136)*. Coimbatore, India. Institute of Forest Genetics and Tree Breeding,
- Wattinema, G. A. (1998). *Zat Pengatur Tumbuh pada Tanaman*. Laboratorium Kultur Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor
- Wetter, L. R. and Constabel, F. (1991). *Metode Kultur Jaringan Tanaman*. Bandung : ITB Press
- Wetter, L.R. & F. Constabel, F. (1991). *Metode Kultur Jaringan Tanaman*. Bandung: ITB Press.
- Whistler, W. A., & Elvitch, C. R. (2006). *Casuarina equisetifolia (reach she-oak) and C. cunninghamiana (river she-oak), ver. 2.1. In (Issue April)*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Hōlualoa, Hawaii,,i. <http://www.traditionaltree.org>
- Wibisono, Y., Putri, A I, Hadiyan Y, Haryjanto L, Hakim L, Sumardi , Yeny and P M Utomo. (2021). *Effect of axenic culture and NAA in Vitro on masoyi (Cryptocarya massoy (Oken) Kosterm) seeds regeneration*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 914 (2021) 012016
- Wiraatmaja, W. (2017). *Zat Pengatur Tumbuh Auksin dan Cara Penggunaannya dalam Bidang Pertanian*. Bahan Ajar Program Studi Agroekoteknologi. Universitas Udayana.
- Wisanti, Indah K., Eva K P. (2021). *Pengetahuan Lokal Penduduk Sumenep tentang Cemara Udang (Casuarina equisetifolia L.)*. Journal of Tropical Biology. Vol. 9 No. 1
- Wishnu FA, Widyatmoko D. (2017). *Growth and habitat preference of Acacia decurrens Willd. (Fabaceae) after the 2010 eruption of Mount Merapi, Indonesia*. Asian Journal of Applied Science 5 (1): 64-65.
- Yudha, P. A. (2019). *Produktivitas Industri Pulp dan Kertas*. Jakarta. Warta Ekspor Edisi Maret 2019
- Yuniati, F., Haryanti, S., & Prihastanti, E. (2018). *Pengaruh Hormon dan Ukuran Eksplan terhadap Pertumbuhan Mata Tunas Tanaman Pisang (Musa paradisiaca var. Raja Bulu) Secara In Vitro*. Buletin Anatomi dan Fisiologi. Volume 3 Nomor 1
- Yusnita. (2015). *Kultur Jaringan Tanaman Sebagai Teknik Penting Bioteknologi untuk Menunjang Pembangunan Pertanian*. Bandar Lampung. Aura Publishing

- Yuswanti *et al.*, (2017). *Induksi Kalus Eksplan Daun Tanaman Anggur (Vitis vinivera L.) dengan Aplikasi 2,4-D secara In Vitro*. E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika. Vol.6, No.2, April 2017
- Zhang, S. J., Lin, Y. M., Zhou, H. C., Wei, S. D., Lin, G. H., & Ye, G. F. (2010). *Antioxidant tannins from stem bark and fine root of Casuarina equisetifolia*. *Molecules*, 15(8), 5658–5670. <https://doi.org/10.3390/molecules15085658>
- Zhao, S., Wang H, Kai L, Linqing L, Jinbing Y, Xiuhong A, Pingping L, Linying Y, Zhihua Z. (2021). *The Role of JrPPOs in the Browning of Walnut Explants*. *BMC Plant Biology* 21,9. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02768-8>
- Zhong, C., Zhang,Y., Chen, Y., Jiang, Q., Chen, Z., Liang, J., Pinyopusarerk, K., Franche, C., & Bogusz, D. (2010). *Casuarina research and applications in China*. *Journal of Symbiosis*. 50, 107–114. <https://doi.org/10.1007/s13199-009-0039-5>
- Ziraluo V. P. B. (2021). *Metode Perbanyak Tanaman Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas poiret) dengan Teknik Kultur Jaringan atau Stek Planlet*. *Jurnal Inovasi Penelitian*. Vol.2 No. 3
- Zulkarnain. (2009). *Kultur Jaringan Tanaman. Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya*. Bumi Aksara. Hal 92-99.