

Twenty-Five Years Research on Micropropagation of *Stevia* and *Curcuma* sp. and Improving Secondary Metabolites using Precursor-elicitor *in vitro*: A Review

Shyla Aulia Delfi¹, Suci Indah Putri¹, Putra Santoso¹, dan Muhammad Idris^{1*}

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Universitas Andalas Limau Manis, Padang, Sumatera Barat, 25163, Indonesia;

Article History

Received : April 02th, 2025

Revised : May 05th, 2025

Accepted : May 16th, 2025

*Corresponding Author:

Muhammad Idris,

Departemen Biologi, Fakultas
Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam, Universitas

Andalas, Kampus Universitas

Andalas Limau Manis, Padang,

Sumatera Barat, 25163,

Indonesia;

Email: midris@sci.unand.ac.id

Abstract: *In vitro* culture technique is an effective method for plant propagation to overcome the limitations of conventional cultivation. This method is used to improve accumulation of plant secondary metabolites. The purpose of this study is to review the development of micropropagation and improving secondary metabolites in *Stevia rebaudiana* and *Curcuma* plants through the application of precursors and elicitors. The systematic literature review is used to analyse scientific articles or publications from 2000 to 2025 obtained from various online databases using relevant keywords. The results showed that *Stevia* was more studied when compared to *Curcuma* due to its high economic value, with significant impact on the study of improving accumulation of stevioside and rebaudioside production through several elicitor and precursors. In *Curcuma*, beside *in vitro* culture for mass propagation, the response to *in vitro* treatment of elicitor dan precursors were varied, but some precursors such as phenylalanine were shown to improve curcuminoid accumulation. In conclusion, tissue culture techniques and the use of elicitor and precursor for improving secondary metabolites accumulation have the potential impact to support mass propagation, production and sustainable optimization of plant bioactive compounds.

Keywords: Curcuma, *in vitro* culture, elicitors, precursors, secondary metabolites, *Stevia rebaudiana*.

Pendahuluan

Stevia rebaudiana, anggota famili Asteraceae, merupakan pemanis alami tanpa kalori yang digunakan dalam penyiapan makanan (Thakur *et al.*, 2021; Salehi *et al.*, 2019). Daunnya lebih manis dari tebu karena kandungan glikosida (Orellana, 2023). Kandungan glikosida steviol (SG), terutama steviosida dan rebaudiosida A. Senyawa ini memberikan rasa manis pada *Stevia* yang sekitar 200–300 kali lebih kuat dibandingkan sukrosa (Tavakoli *et al.* 2019). Glikosida ini bebas kalori dengan indeks glikemik hampir nol, sehingga cocok bagi penderita diabetes dan mereka yang ingin menurunkan berat badan (Sharmae *et al.*, 2023; Khakpai *et al.*, 2023).

Curcuma (kunyit) salah satu komoditas yang banyak dimanfaatkan dalam bidang pengobatan. Tanaman ini digunakan untuk mengatasi berbagai penyakit, termasuk kanker (Giordano & Tommonaro, 2019) dan Alzheimer (Thakur *et al.*, 2019). Selain itu, kunyit diketahui dapat menghambat aktivitas hormon yang memicu pertumbuhan sel kanker (Vutakuri, 2018). Kandungan kurkumin dalam rimpang kunyit berperan dalam menentukan warna alaminya (Madhusankha *et al.*, 2018), sehingga memiliki potensi sebagai pewarna makanan, zat aditif dalam industri pangan, serta pewarna tekstil (Hasan *et al.*, 2014). Selain itu, potensi kunyit liar seperti *Curcuma sumatrana* yang ditemukan di Sumatra juga berpotensi untuk antikanker (Rahman *et al.*, 2022).

Budidaya Stevia secara konvensional memerlukan waktu panen yang lama, bergantung pada kondisi tanah, iklim, dan varietas (Ziraluo, 2021). Perbanyakannya terbatas akibat viabilitas benih yang buruk, perkecambahan lambat, serta daya akar stek vegetatif yang rendah (Kazmi *et al.*, 2019; Simlat *et al.*, 2023). Kendala ini menghambat produksi skala besar dan meningkatkan kebutuhan tenaga kerja, sehingga tidak dapat memenuhi permintaan industri (Kazmi *et al.*, 2019). Saat ini, produksi global masih kurang akibat ketiadaan protokol standar untuk tanaman berkualitas tinggi dengan kandungan stevioside A dan rebaudioside tinggi. Kultur jaringan *in vitro* menjadi alternatif unggul karena menghasilkan bibit dalam waktu singkat, bebas hama, dan penyakit (Mahfudza *et al.*, 2018).

Pengembangbiakan kunyit masih menghadapi berbagai tantangan. Menurut Antoniazzi *et al.* (2016) dan Yadav *et al.* (2023), penggunaan rimpang (metode konvensional) memiliki efisiensi rendah dan rentan terhadap patogen. Selain itu, Syukur (2004) dan Prasath *et al.* (2018) menjelaskan bahwa proses ini memerlukan waktu lama, lahan luas, dan biaya tinggi. Phillips dan Garda (2019), dan Yusnita (2003), merekomendasikan teknik kultur jaringan dalam produksi bibit lebih cepat, efisien dan banyak, serta seragam.

Elisitor efektif dalam mengaktifkan mekanisme pertahanan tanaman dan meningkatkan produksi metabolit sekunder yang bernilai bagi berbagai industri, termasuk farmasi, agrokimia, biopestisida, kosmetik, dan aditif makanan. Teknik elisitasi juga telah diterapkan dalam kultur *in vitro* untuk meningkatkan biosintesis metabolit sekunder (Ahmad *et al.*, 2018; Alvarado-Orea *et al.*, 2020). Studi tentang pemicu pertahanan tanaman berperan dalam regulasi dan peningkatan produksi metabolit sekunder, di mana elisitor dari berbagai sumber dapat memicu perubahan fisiologis yang merangsang produksinya dalam waktu singkat (Naz *et al.*, 2024; Rasouli *et al.*, 2021; Alcalde *et al.*, 2022).

Turunan fitohormon yaitu asam salisilat (SA) serta metil jasmonat (MJ) adalah elisitor umum yang berperan dalam transduksi sinyal

serta memicu respon pertahanan tanaman terhadap cekaman (Kandoudi *et al.*, 2022; Rakesh & Praveen, 2022; Jeyasri *et al.*, 2023; Rattan & Warghat, 2023). MJ juga mengontrol berbagai aspek pertumbuhan, perkembangan, dan metabolisme sekunder tanaman. Prekursor adalah molekul awal biosintesis metabolit sekunder yang meningkatkan produksinya dalam kultur jaringan. Fenilalanin meningkatkan asam fenol (Pemanasari, 2015), sementara triptofan meningkatkan katarantin (Dingse *et al.*, 2006).

Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengevaluasi dan merangkum strategi perbanyakan serta peningkatan produksi metabolit sekunder pada Stevia rebaudiana dan Curcuma. Fokus utama penelitian ini mencakup penggunaan media perbanyakan, serta peran prekursor dan elisitor dalam meningkatkan metabolit sekunder. Selain itu, tinjauan ini bertujuan untuk mengidentifikasi praktik umum yang dilaporkan dalam penerapan kultur tanaman guna mengoptimalkan hasil dan efektivitas produksi.

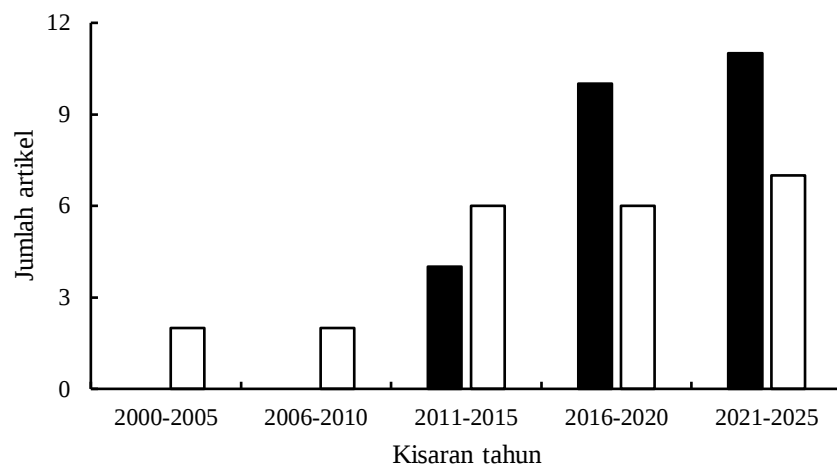
Bahan dan Metode

Studi ini menggunakan metodologi tinjauan literatur sistematis untuk meneliti kemajuan penelitian *in vitro* pada Stevia dan Curcuma dari tahun 2000 hingga April 2025. Prosesnya melibatkan pencarian ekstensif publikasi ilmiah di berbagai basis data digital terkemuka seperti ScienceDirect, PubMed, Google Scholar, MDPI, dan ResearchGate, dan lain sebagainya. Kata kunci yang digunakan relevan dengan topik yang dibahas pada telaah ini seperti "*in vitro*" "*Stevia rebaudiana*" "*Curcuma*" "Prekursor" "Elisitor" dan "Mikropropagasi" untuk memastikan tinjauan yang komprehensif dan terstruktur mengenai teknik *in vitro*, aplikasi prekursor dan elisitor, serta upaya mikropropagasi pada kedua genus tanaman tersebut. Penggunaan kata kunci dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dilakukan untuk memperbesar peluang memperoleh referensi yang diperlukan.

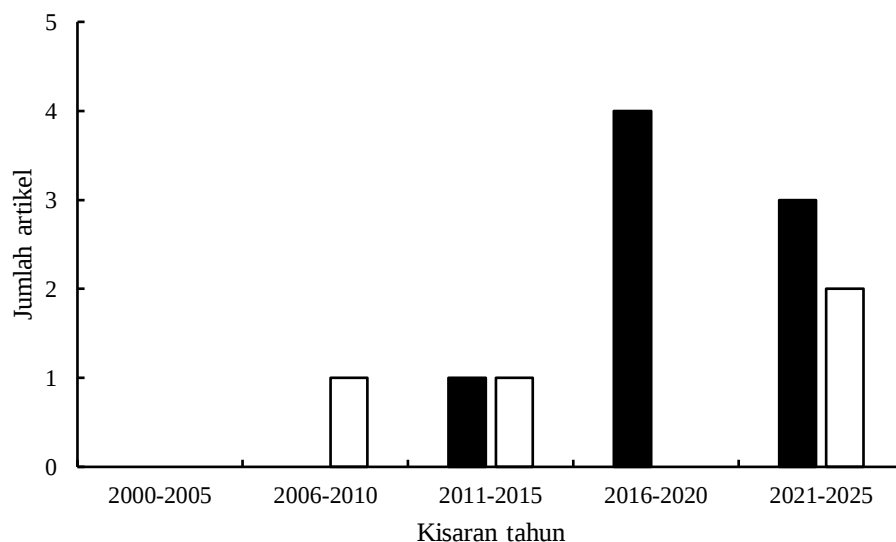
Hasil dan Pembahasan

Studi ini mengkaji 25 artikel mengenai propagasi pada tanaman *Stevia*, 23 artikel tentang topik propagasi *Curcuma* sp., delapan artikel mengenai penggunaan elisitor dan prekursor pada tanaman *Stevia*, dan empat artikel yang membahas prekursor dan elisitor pada *Curcuma* sp. Total keseluruhan artikel inti yang dikaji pada studi ini yaitu 60 artikel. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap artikel didapatkan bahwa sebaran artikel lebih banyak pada tahun diatas 2011 untuk kedua tumbuhan dimana *Stevia* memperlihatkan jumlah artikel terkait

mikropropagasi lebih banyak dan meningkat drastis bila dibandingkan dengan *Curcuma* sp., yang terlihat landai seperti ditampilkan pada Gambar 1. Riset terkait penggunaan prekursor dan elisitor, terlihat bahwa lebih banyak artikel yang ditemukan pada tanaman *Stevia* dibandingkan dengan *Curcuma* sp., terutama pada kisaran tahun 2016-2020. Pada kisaran tahun tersebut, tidak ada artikel yang ditemukan oleh penulis terkait dengan prekursor dan elisitor pada *Curcuma* sp. Pada kisaran tahun 2021-2025 banyak artikel yang membahas terkait dengan penggunaan prekursor dan elisitor pada kedua spesies (Gambar 2).



Gambar 1. Analisis sebaran tahun artikel yang digunakan pada mikropropagasi *Stevia rebaudiana* (kotak hitam) dan *Curcuma* sp. (kotak putih).



Gambar 2. Analisis sebaran tahun artikel yang digunakan pada topik prekursor dan elisitor tanaman *Stevia rebaudiana* (kotak hitam) dan *Curcuma* sp. (kotak putih).

Perbanyakkan *Stevia rebaudiana* Bertoni secara *in vitro*

Hasil studi literatur, terdapat faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan perbanyakkan tanaman *Stevia* secara *in vitro*. Faktor yang memengaruhi antara lain sumber eksplan yang digunakan, media tanam, konsentrasi fitohormon yang optimum dan jenis sterilan yang digunakan. Dalam penelitian-penelitian tersebut, eksplan yang digunakan meliputi tunas aseptik, daun, pucuk, tunas nodal, batang, ibu tangkai, dan planlet. Media tumbuh yang dominan dipergunakan adalah *Murashige dan Skoog* (MS), meskipun terdapat pula variasi seperti penggunaan *New Phalaenopsis* (NP) yang dimodifikasi dengan substitusi air kelapa serta media *Driver and Kuniyuki Walnut* (DKW). Berbagai fitohormon diaplikasikan dengan berbagai variasi konsentrasi untuk mengoptimalkan perbanyakkan tanaman.

Penelitian Arlianti *et al.* (2013) menggunakan kombinasi auksin (IBA dan NAA, sebagai auksin sintetik, dan IAA sebagai auksin alami) pada konsentrasi berkisar antara 0,1–0,3 mg/L untuk tunas aseptik dalam mendukung pertumbuhan awal. Rohmah *et al.* (2014) memanfaatkan daun sebagai eksplan pada media NP yang disubstitusi dengan 20% air kelapa dan ditambah 2,4-D (0–1,5 mg/L), sedangkan Wiryoendjoyo dan Supriyadi (2014) mengembangkan variasi media NP dengan kombinasi 2,4-D dan Kin dalam beberapa medium berbeda.

Hasil penelitian Hadiyana *et al.* (2015) menguji kombinasi IBA dan BAP pada tunas pucuk dalam media MS, dan Saptari serta Sumaryono (2016) membandingkan dua jenis media (padat dengan gelrite dan dua lapis dengan tambahan cairan) untuk melihat perbedaan respons perbanyakkan tunas. Selanjutnya, Asmono *et al.* (2017a) mengevaluasi efek tiga jenis sitokinin sintetik (Kin, BAP, dan TDZ) pada penggunaan 2 mg/L, dikombinasikan dengan variasi kadar air kelapa (0–15%) dalam perbanyakkan tunas. Selanjutnya, Asmono *et al.* (2017b) menerapkan konsentrasi 2 mg/L untuk masing-masing sitokinin tersebut dalam media MS. Pada sisi kontrol, Ermayanti *et al.* (2017) menggunakan tunas pucuk pada media MS

dengan vitamin standar tanpa tambahan FITOHORMON.

Penelitian lainnya mencakup pemanfaatan PEG pada daun untuk mensimulasikan kondisi osmotik (Syabana *et al.*, 2017) serta kombinasi FITOHORMON berupa NAA, 2,4-D, dan BAP terhadap daun sebagai sumber eksplan (Buana, 2018). Amien *et al.* (2020) menguji penggunaan beberapa jenis sitokinin—di antaranya Zeatin, Kin, TDZ, 2-isopentenil adenine, dan BA—dengan tambahan IAA pada semua media untuk menginduksi pembentukan tunas. Cahyono *et al.* (2020) memperkenalkan teknologi enkapsulasi untuk pembuatan biji buatan menggunakan ABA dan variasi konsentrasi alginat (2–4%) pada media MS. Selanjutnya, Khan *et al.* (2020) menguji tiga konsentrasi 6-Benzylaminopurine (BA) pada tunas nodal, sementara Parnidi dan Ridhawati (2020) mengkombinasikan BAP dengan auxin (IAA, IBA, NAA) untuk induksi tunas dan perakaran pada batang dan tunas.

Hasil penelitian Busaifi *et al.* (2021) mengevaluasi efek 2,4-D yang dikombinasikan dengan BAP pada daun muda, sedangkan Firdaus dan Asmono (2021) mengintegrasikan perlakuan Kin (2–4 mg/L) dengan pencahayaan LED (putih dan merah biru) untuk pertumbuhan planlet. Marlina *et al.*, (2021) mengeksplorasi penggunaan ekstrak kayu manis pada planlet, dan Mirah *et al.*, (2021) serta Rahma dan Asmono (2022) membandingkan efektivitas media MS dan DKW yang diperkaya dengan kombinasi FITOHORMON berupa Kin, BAP, dan IAA.

Hasil penelitian Ghose *et al.* (2022) menguji kombinasi 2,4-D dan Zeatin pada tunas bersama dengan BAP (rentang konsentrasi 0–10 mg/L) dan NAA (rentang konsentrasi 0–1 mg/L) untuk regenerasi, sedangkan As'ad *et al.* (2023, 2024) serta Dimas *et al.* (2023) mengevaluasi peran Kin, TDZ, dan NAA pada planlet serta ibu tangkai daun. Penelitian oleh Jadid *et al.* (2024) dan Tarigan *et al.* (2024) menekankan pentingnya kombinasi BA dan Kin pada ruas nodal dan eksplan untuk mencapai regenerasi optimal. Secara keseluruhan, variasi dalam jenis eksplan, media tanam, serta kombinasi dan konsentrasi FITOHORMON yang digunakan menunjukkan adanya kemajuan signifikan dalam optimasi kultur jaringan *Stevia rebaudiana*. Pendekatan-pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi perbanyakkan tanaman secara *in vitro*

tetapi juga mendukung produksi massal stevia dengan kualitas genetik yang stabil, yang sangat penting untuk aplikasi industri pangan dan farmasi

Tabel 1. Perkembangan penelitian perbanyakan tumbuhan *Stevia rebaudiana* secara *in vitro* berdasarkan penelusuran referensi dari tahun 2000-2025 (25 tahun riset mikropropagasi *Stevia rebaudiana*)

No	Sumber eksplan	Jenis media tanam	Jenis fitohormon dan konsentrasi pemakaian	Sumber referensi (tahun)
1.	Tunas aseptik	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi konsentrasi IAA (0,1-0,3 mg/L), IBA (0,1-0,3 mg/L) dan NAA (0,1-0,3 mg/L)	Arlianti <i>et al.</i> (2013)
2.	Daun	New Phaleonopsis (NP)	NP ditambah air kelapa 20% dan 2,4 D (0,5-1,5 mg/L)	Rohmah <i>et al.</i> (2014)
3.	Daun	New Phaleonopsis (NP)	Diperkaya dengan 2,4-D (0,25-1 mg/L) dan Kin (0,25-1 mg/L)	Wiryoendjo yo dan Supriyadi (2014)
4.	Pucuk	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi konsentrasi IBA (0,5-1 mg/L) dan BAP (0,5-1 mg/L)	Hadiyana <i>et al.</i> , (2015)
5.	Tunas pucuk	Woody Plant Media (WPM)	Tanpa fitohormon Penambahan 3 g/L gelrite. Modifikasi penggunaan media dengan dua lapis yaitu media padat (3 mg/L gelrite) dibagian bawah dan media cair dibagian atas sebanyak 5 mL	Saptari dan Sumaryono (2016)
6.	Tunas Mikro	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan sitokinin yaitu Kin, BAP dan TDZ dengan konsentrasi 2 mg/L. Selain itu juga dilakukan pengayaan media dengan air kelapa pada pemakaian 5-15%.	Asmono <i>et al.</i> (2017)a
7.	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Kin, BAP, TDZ pada konsentrasi 2 mg/L	Asmonol <i>et al.</i> (2017)b
8.	Tunas pucuk	Murashige dan Skoog (MS)	Tanpa penambahan fitohormon Media MS dengan modifikasi kandungan vitamin (kontrol – konsentrasi normal, 2 kali konsentrasi normal, dan 4 kali konsentrasi normal)	Ermayanti <i>et al.</i> (2017)
9.	Daun	Murashige dan Skoog (MS)	Tanpa fithormon, menggunakan konsentrasi Polyethylene Glycol (PEG) pada rentang 5-25 mg/L	Syabana <i>et al.</i> (2017)
10.	Daun	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan NAA pada konsentrasi 2 mg/L, 2,4-D pada konsentrasi 2 mg/L, dan BAP pada konsentrasi 0,5 dan 1 mg/L	Buana (2018)
11.	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Fitohormon yang digunakan berupa sitokinin (kontrol), Zeatin (1,5 mg/L), Kin (1,5 mg/L), TDZ (1,5 mg/L), 2-ip (1,5 mg/L), dan BA (0,15-1,5 mg/L), dengan penambahan IAA sebesar 0,15 mg/L untuk setiap media perlakuan.	Amien <i>et al.</i> (2020)

12.	Ruas sample hasil kultur (planlet)	Murashige dan Skoog (MS)	Enkapsulasi (Pembuatan biji buatan) menggunakan larutan MS dengan ABA 3 mg/L dengan konsentrasi natrium alginat 2, 3 dan 4%	Cahyono <i>et al.</i> (2020)
13.	Tunas nodal	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BA pada kisaran konsentrasi 1,5-4,5 mg/L.	Khan <i>et al.</i> (2020)
14.	Batang dan tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Induksi tunas dengan penambahan BAP pada media tanam konsentrasi berkisar antara 0,25-1 mg/L. Induksi perakaran dengan penambahan IAA, IBA atau NAA pada media tanam konsentrasi berkisar antara 1-2,5 mg/L	Parnidi dan Ridhawati (2020)
15.	Daun Muda	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan auksin jenis 2,4-D (0,5-2 mg/L) dan sitokinin BAP (0,5-1,5 mg/L)	Busaifi <i>et al.</i> (2021)
16.	Planlet	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi Perlakuan Kin (2- 4 mg/L) dan pencahayaan lampu LED (putih, merah, dan biru)	Firdaus dan Asmono (2021)
17.	Planlet	Murashige dan Skoog (MS)	Menggunakan ekstrak kayu manis sebagai sumber bahan organik dengan kisaran konsentrasi 0,5-2 mg/L	Marliana <i>et al.</i> (2021)
18.	Tunas Buku/ruas batang	Murashige dan Skoog (MS), Driver dan Kuniyaki Walnut (DKW)	Fitohormon sitokinin (Kin dan BAP) dimana Kin pada kisaran konsentrasi 0,25-0,75 mg/L dan BAP pada kisaran konsentrasi 1-2 mg/L	Mirah <i>et al.</i> (2021)
19.	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Induksi tunas: penambahan 2,4-D (0-2 mg/L) dan Zeatin (0- 0,1 mg/L) Regenerasi tunas: penambahan BAP (0-10 mg/L) dan NAA (0-1 mg/L)	Ghose <i>et al.</i> (2022)
20.	Eksplan <i>in vitro</i>	Murashige dan Skoog (MS), Driver dan Kuniyaki Walnut (DKW)	Penambahan BAP (2- 4 mg/L) dan dikombinasikan dengan perlakuan pencahayaan LED (merah biru; putih).	Rahma dan Asmono (2022)
21.	Ibu tangkai daun	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan konsentrasi Kin 1 mg/L selama 28 hari	As'ad <i>et al.</i> (2023)
22.	Planlet	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan NAA pada rentang konsentrasi 0-2 mg/L dan TDZ pada rentang konsentrasi 0-2 mg/L	Dimas <i>et al.</i> (2023)
23.	Ibu tangkai daun.	Murashige dan Skoog (MS).	Penambahan Kin pada kisaran konsentrasi 1-4 mg/L	As'ad <i>et al.</i> (2024)
24.	Ruas Nodal	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan kombinasi BA (0-2 mg/L) dengan Kin (0-8 mg/L)	Jadid <i>et al.</i> (2024)
25.	Eksplan daun	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BAP pada kisaran konsentrasi 0,5-2 mg/L	Tarigan <i>et al.</i> (2024)

Perbanyak *Curcuma* sp. secara *in vitro*

Hasil studi literatur didapatkan berbagai penelitian mengenai kultur jaringan *in vitro* pada spesies *Curcuma*, yang meliputi *Curcuma aromatica*, *C. mangga*, *C. angustifolia*, *C. longa*, *C. caesia*, *C. zadoaria*, *C. canthorrhiza*, *C. karnatakensis*, *C. xanthorrhiza*, serta hibrida *Curcuma*. Setiap penelitian menggunakan sumber eksplan yang bervariasi, seperti mikro rimpang, mata tunas, meristem pucuk, tunas rimpang, ujung pucuk, atau perbungaan muda. Media tanam yang umum digunakan adalah *Murashige dan Skoog* (MS), meskipun dalam beberapa penelitian terdapat modifikasi atau penambahan unsur lain (misalnya, amonium sulfat, fosfor, kalsium, magnesium, dan kalium nitrat) untuk mengoptimalkan kondisi pertumbuhan. Dalam penelitian pada *C. aromatica*, misalnya, Nayak (2000) menggunakan mikro rimpang sebagai eksplan dengan pemberian fitohormon berupa BA pada kisaran konsentrasi 1-7 mg/L serta Kin konsentrasi 0,5-1 mg/L.

C. mangga, Hutami dan Purnamaningsih (2003) memanfaatkan mata tunas dengan kombinasi BA dan TDZ, serta kombinasi Kin dan TDZ, sedangkan Raihana *et al.*, (2011) mengaplikasikan kombinasi BAP dan NAA pada tunas rimpang untuk menghasilkan regenerasi yang optimal. Penelitian pada *C. angustifolia* oleh Shukla *et al.* (2007) menggunakan meristem pucuk dan menerapkan BAP pada berbagai konsentrasi, yang kemudian dikombinasikan dengan adenine sulphate pada rentang mencapai 100 mg/L. Sementara itu, pada *C. longa*, Pistelli *et al.* (2012) dan Romadhoni *et al.* (2019) mengeksplorasi beberapa perlakuan, mulai dari kombinasi BAP, NAA, TDZ, hingga zeatin, dengan variasi konsentrasi yang berbeda untuk mengetahui perlakuan yang efektif untuk perbanyakan mata tunas.

Penelitian *C. caesia*, Shahinozzaman *et al.* (2013) menggunakan tunas rimpang dan mengaplikasikan BA baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan NAA pada rentang konsentrasi tertentu, serta menginduksi akar adventif dengan kombinasi NAA dan IBA. Untuk *C. zadoaria*, Yulizar *et al.* (2014) menggunakan

mata tunas dengan kombinasi sukrosa pada 3-5% serta BAP pada beberapa konsentrasi, sedangkan Murgayanti *et al.* (2023) meneliti pengaruh TDZ dengan konsentrasi berkisar antara 0,3-0,9 mg/L. Penelitian pada *C. canthorrhiza* oleh Pranata *et al.* (2015) memanfaatkan tunas dengan kombinasi NAA dan pemberian air kelapa muda pada berbagai taraf, menunjukkan pendekatan integratif antara fitohormon dan bahan organik alami.

Tan (2016) dan Isra' *et al.* (2020) meneliti spesies *Curcuma* sp. dan *C. mangga* dengan menggunakan kombinasi fitohormon yang melibatkan 2,4-D, BAP, dan TDZ, serta pengujian berbagai taraf konsentrasi NAA dan sitokinin lain. Pada *C. karnatakensis*, Tejavathi dan Sujatha (2016) menerapkan berbagai kombinasi auksin dan sitokinin—termasuk TDZ, Kin, BAP, 2-ip serta penambahan ekstrak ragi, yang menunjukkan kompleksitas dalam interaksi fitohormon untuk perbanyakan rimpang. Samanhudi *et al.* (2017) mengoptimalkan perbanyakan tunas dari rhizome *C. xanthorrhiza* dengan kombinasi IBA dan BAP pada berbagai konsentrasi.

Penelitian oleh Marchant *et al.* (2020) pada *C. longa* menambahkan campuran zat seperti tiamin, glisin, dan NaH_2PO_4 di samping NAA dan BAP untuk meningkatkan regenerasi rimpang juga dilakukan untuk tujuan propagasi. Rustikawati *et al.* (2021) mengkaji pengaruh spesies ('temu putih' dan 'temu mangga') dan konsentrasi BAP pada tunas, sedangkan Suminar *et al.* (2021) menguji berbagai kombinasi BAP, TDZ, NAA, dan Zeatin pada tunas *C. longa* untuk mengetahui perlakuan yang paling efektif. Waman (2021) mengintegrasikan berbagai faktor, seperti konsentrasi media (1-3% b/v), BAP dan metatopolin, serta IBA dalam perbanyakan tunas rimpang *C. mangga*. Selanjutnya, Yosumran *et al.* (2022) menguji kombinasi NAA dan BAP pada perbungaan muda *Curcuma* hybrid. Terakhir, Sulistyowati *et al.* (2024) memfokuskan penelitian pada *C. longa* dengan pemberian BAP dalam kisaran konsentrasi 1-5 mg/L untuk mendapatkan respon optimal dalam inisiasi dan multiplikasi tunas.

Tabel 2. Perkembangan penelitian perbanyakan tumbuhan *Curcuma* sp. secara *In vitro* berdasarkan penelusuran referensi dari tahun 2000-2025 (25 tahun riset mikropropagasi *Curcuma* sp.)

No	Spesies	Sumber eksplan	Jenis media tanam	Jenis fitohormon dan konsentrasi pemakaian	Sumber referensi (tahun)
1.	<i>Curcuma aromatica</i>	Mikro rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	konsentrasi BA pada kisaran 1-7 mg/L dan Kin pada kisaran 0,5-1 mg/L	Nayak (2000)
2.	<i>Curcuma mangga</i>	Mata tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan kombinasi konsentrasi BA dan Kin pada kisaran 3-5 mg/L dan dan TDZ pada konsentrasi 0,5 mg/L	Hutami dan Purnamaningsih (2003)
3.	<i>Curcuma angustifolia</i>	Meristem pucuk	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BAP (3-5 mg/L) dan adenine sulphate pada kisaran konsentrasi 25-100 mg/L	Shukla et al. (2007).
4.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas Rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi konsentrasi BAP (1-5 mg/L) dan Kin (1-5 mg/L), penambahan 3% sukrosa, Selanjutnya kombinasi konsentrasi sukrosa (1-3%) dengan BAP (2-3 mg/L)	Goyal et al. (2010)
5.	<i>Curcuma mangga</i>	Tunas Rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi penggunaan konsentrasi BAP (3-5 mg/L) dan NAA (0,5-3 mg/L)	Raihana et al. (2011)
6.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BAP pada kisaran 1-3 mg/L atau kombinasi BAP 2,5 mg/L dengan NAA 0,5 mg/L, atau TDZ 0,1 mg/L dengan BAP 0,5 mg/L dan asam amino 100 mg/L	Pistelli et al. (2012)
7.	<i>Curcuma caesia</i>	Tunas Rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BA tunggal atau kombinasi NAA dengan konsentrasi berkisar antara 1-9 µM untuk induksi tunas Induksi akar adventif dilakukan pada media dengan penambahan NAA dan IBA pada konsentrasi kisaran 1-4,5 µM	Shahinozzaman et al. (2013)
8.	<i>Curcuma zadoaria</i>	Mata tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan kombinasi ukrosa (3-5%) dan BAP	Yulizar et al. (2014)

				(1,5-4,5 mg/L)	
9.	<i>Curcuma longa</i>	Ujung Pucuk rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan BA konsentrasi 3 µM, dan amonium sulfat 5 mM, yang dikombinasikan dengan fosfor (1,25- 6,25 mM), kalsium (3- 9 mM), magnesium (1,5- 4,5 mM), dan kalium nitrat (20-60 mM)	El-Hawaz <i>et al.</i> (2015)
10.	<i>Curcuma xanthorrhiza</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi konsentrasi NAA (0,5-1,5 mg/L) dan air kelapa muda (20-60%)	Pranata <i>et al.</i> (2015)
11.	<i>Curcuma</i> sp.	Tunas utama dan tunas rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan 2,4-D konsentrasi 0,5 mg/L dan BAP konsentrasi 1,0 mg/L serta TDZ 1 mg/L	Tan (2016)
12.	<i>Curcuma karnatakensis</i>	Rimpang	Murashige dan Skoog (MS), Phillips dan Collins (L2)	Penambahan NAA konsentrasi 32.22µM, 2,4-D konsentrasi 27.12µM, Kin konsentrasi 37.12µM, 2-ip konsentrasi 39.36µM pada media L2	Tejavathi dan Sujatha (2016)
13.	<i>Curcuma xanthorrhiza</i>	Tunas dari rhizom	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan kombinasi konsentrasi IBA (1-4 mg/L) dan BAP (1-4 mg/L)	Samanhudi <i>et al.</i> (2017)
14.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Kombinasi NAA (0,01-1 mg/L) dengan BAP konsentrasi 9 mg/L, TDZ konsentrasi 1 mg/L dan Zeatin konsentrasi 0,1 mg/L	Romadhoni <i>et al.</i> (2019)
15.	<i>Curcuma mangga</i>	Mata tunas rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan 2,4-D pada rentang konsentrasi 1-2 mg/L dengan BA konsentrasi 5 mg/L	Isra' <i>et al.</i> (2020)
16.	<i>Curcuma longa</i>	Rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan Tiamin pada konsentrasi 0,1 mg/L, glisin 200 mg/L, NaH ₂ PO ₄ 170 mg/L, NAA 1 mg/L dan BAP 2 mg/L	Marchant <i>et al.</i> (2020)
17.	<i>Curcuma zedoaria</i> dan <i>Curcuma mangga</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Penggunaan dua species <i>Curcuma</i> yaitu temu putih dan temu mangga pada media yang diperkaya BAP pada kisaran konsentrasi 1,5-4,5 mg/L	Rustikawati <i>et al.</i> (2021)
18.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas	Murashige dan	Kombinasi penggunaan	Suminar <i>et</i>

			Skoog (MS)	BAP konsentrasi 9 mg/L dengan TDZ konsentrasi 1 mg/L, zeatin konsentrasi 0,1 mg/L, dan NAA pada kisaran konsentrasi 0,01-1 mg/L	al. (2021)
19.	<i>Curcuma mangga</i>	Tunas rimpang	Murashige dan Skoog	Penggunaan beberapa sumber karbon (glukosa, sukrosa, dan fruktosa) pada konsentrasi 1-3%, dan penggunaan BAP serta metatopolin pada kisaran konsentrasi 1-2 mg/L	Waman et al. (2021)
20.	<i>Curcuma hybrid</i>	Perbungaan muda	Murashige dan Skoog	Penambahan NAA pada konsentrasi 0,5-1 mg/L dan BA pada konsentrasi 0,5-1 mg/L	Yosumran et al. (2022)
21.	<i>Curcuma zedoaria</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Penambahan TDZ dengan kisaran konsentrasi 0,3-0,9 mg/L.	Murgayanti et al. (2023)
22.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas	Murashige dan Skoog (MS)	Benzil aminopurin (BAP) dengan 4 perlakuan yaitu 0, 1, 3, 5 mg/L	Sulistyowati et al. (2024)
23.	<i>Curcuma pseudomontana</i>	Tunas rimpang	Murashige dan Skoog (MS)	Induksi tunas menggunakan BAP pada kisaran konsentrasi 1 - 5 mg/L, Kin pada kisaran konsentrasi 1-1,5 mg/L, dan TDZ pada kisaran konsentrasi 0,1-0,5 mg/L Induksi akar, menggunakan IBA pada kisaran konsentrasi 1,1-1,5 mg/L, IAA pada kisaran konsentrasi 1,1-1,5 mg/L, dan NAA pada kisaran konsentrasi 0,1-1 mg/L	Vaze et al. (2024)

Prekursor dan elisitor pada tanaman *Stevia rebaudiana*

Hasil penelitian kultur *in vitro*, berbagai prekursor dan elisitor ditambahkan pada media dalam upaya menginduksi produksi metabolit sekunder pada *Stevia*. Elisitor yang digunakan mencakup nanopartikel CuO, ZnO, ekstrak *Cuscuta reflexa*, NaCl, PEG, GA3, serta berbagai spektrum cahaya LED. Nanopartikel CuO (10 mg/L) terbukti meningkatkan produksi rebaudioside A dan steviosida secara signifikan (Javed et al., 2017). Sementara itu, kombinasi

ZnO dan CuO ENPs dengan konsentrasi tertentu juga meningkatkan kandungan steviosida serta aktivitas antioksidan (Ahmad et al., 2020). Ekstrak *Cuscuta reflexa* sebagai elisitor biotik pada konsentrasi 100 mg/L terbukti mampu meningkatkan akumulasi fenolat dalam akar adventif *Stevia* (Ahmad et al., 2021).

NaCl pada konsentrasi 100 mM secara signifikan meningkatkan kandungan total fenolat, flavonoid, serta steviosida dalam tunas *stevia* (Ghazal et al., 2024). Faktor fisik seperti panjang gelombang cahaya juga berperan dalam

akumulasi metabolit sekunder. Cahaya ungu meningkatkan biomassa segar, sementara cahaya biru meningkatkan kandungan fenolik dan flavonoid (Idrees *et al.*, 2018). Sementara cahaya

LED merah dan UV (RBUV) dengan kombinasi panjang gelombang tertentu juga meningkatkan produksi steviosida dan rebaudioside A (Ptak *et al.*, 2024).

Tabel 3. Penggunaan prekursor dan elisitor secara *in vitro* pada *Stevia rebaudiana* untuk peningkatan akumulasi metabolit sekunder

No	Jenis eksplan	Jenis prekursor atau elisitor dan konsentrasi pemakaian	Target metabolit sekunder dan hasil	Sumber referensi (tahun)
1.	Tunas aksilar	Elisitor, jenis PBZ pada kisaran konsentrasi 0-10 mg/L, GA pada kisaran konsentrasi 0-10 mg/L, dan PEG pada isaran konsentrasi 0-20%	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PBZ dan GA pada konsentrasi 2,0 mg/L, dan PEG pada konsentrasi 5% adalah yang paling efektif konsentrasi. Karena meningkatkan biosintesis serta kandungan steviol glikosida dibanding perlakuan lain.	Hajihashemi dan Jan (2013)
2.	Tunas aksilar	Elisitor nanopartikel CuO pada kisaran konsentrasi 0,1-1000 mg/L	Organogenesis tunas ditemukan paling tinggi (88,5%) pada 10 mg/L CuO. Selain itu, pada konsentrasi 10 mg/L meningkatkan biosintesis glikosida steviol utama bioaktif (rebaudioside A dan steviosida)	Javed <i>et al.</i> (2017)a
3.	Kalus	Elisitor Nanopartikel ZnO dan CuO dengan konsentrasi berkisar antara 0,01-1000 mg/L.	Nanopartikel ZnO dan CuO mempengaruhi fisiologi regenerasi <i>Stevia rebaudiana</i> dengan optimal pada konsentrasi 1 dan 10 mg/L. Glikosida steviol tidak terdeteksi dalam perlakuan kalus. Konsentrasi 100 mg/L ZnO menghasilkan TPC, TFC, TAC, dan DPPH tertinggi, sementara 10 mg/L CuO meningkatkan TAC, TPC, TRP, dan DPPH. TRP tertinggi dicapai pada 50 mg/L ZnO, sedangkan TFC tertinggi pada 100 mg/L CuO.	Javed <i>et al.</i> (2017)b
4.	Kalus	Elisitor, Panjang gelombang cahaya biru adalah 380-560 nm, hijau 480-670 nm, ungu 350-400 nm, merah 610-715 nm, kuning 530-780 nm; cahaya putih (labu yang tidak ditutup) digunakan sebagai kontrol. Setiap labu dilengkapi dengan jumlah inokulum yang diketahui.	Cahaya ungu menunjukkan akumulasi maksimum biomassa segar, sedangkan cahaya merah menunjukkan penghambatan pertumbuhan dibandingkan dengan kontrol. Cahaya biru meningkatkan akumulasi tertinggi kandungan fenolik, total produksi fenolik lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan menunjukkan korelasi yang kuat dengan biomassa kering. Cahaya biru juga meningkatkan akumulasi kandungan flavonoid total dan produksi flavonoid total dibandingkan dengan kontrol.	Idrees <i>et al.</i> (2018)
5.	Tunas aksilar	Elisitor nanopartikel ZnO dan CuO pada media dengan konsentrasi berkisar	Nanopartikel ZnO (2 mg/L) dan CuO (20 mg/L) memiliki kandungan SG yang paling signifikan; rebaudioside A (4,42 dan 4,44) dan stevioside (1,28 dan 1,96) dibanding	Ahmad <i>et al.</i> (2020)

		antara 2-2000 mg/L	perlakuan lainnya. Baik nanopartikel ZnO dan CuO (200 dan 2000 mg/L) menginduksi efek buruk pada biomassa tanaman, aktivitas antioksidan, dan kandungan SGs.	
6.	Akar adventif	Elisitor biotik : Ekstrak <i>Cuscuta reflexa</i> . perlakuan dengan media basal (MS) ditambah pada kisaran konsnetrasi 10-100 mg/L	Nilai tertinggi pada akumulasi fenolat diperoleh dengan paparan 100 mg/L ekstrak pada hari ke-49. Pengaruh ekstrak terhadap TFC berbanding lurus dengan konsentrasi yang digunakan.	Ahmad et al. (2021)
7.	Tunas	Elisitor abiotik : PEG 5%, GA ₃ , NaCl. Perlakuan : GA ₃ (2 dan 4 mg/L), NaCl (50 dan 100 mM) serta PEG 5%	Konsentrasi NaCl yang lebih tinggi (100 mM) secara signifikan meningkatkan total fenolat, favonoid, polifenol, prolin dan kandungan steviosida dibandingkan dengan elisitor lainnya. Karena GA ₃ dan steviosida memiliki jalur yang sama, korelasi positif diamati di antara keduanya.	Ghazal et al. (2024)
8.	Tunas aksilar	Elisitor, delapan varian perlakuan dengan lampu LED (kombinasi panjang gelombang yang berbeda) LED putih LED biru, LED merah dan kombinasi LED merah-biru, RBUV, hijau, dan merah jauh	Cahaya RBG merangsang produksi biomassa tunas. RBFR memiliki dampak yang menguntungkan pada steviosida (1,62 mg/g berat kering, DW), sementara RBUV mendukung produksi rebaudioside A (3,15 mg/g DW). Neoklorogenik, klorogenik, caffeic, 4-feruloylquinic, isoklorogenik A, rosmarinic asam dan quercitrin flavonoid.	Ptak et al. (2024)

Prekursor dan elisitor pada tanaman *Curcuma* sp.

Curcuma sp., prekursor dan elisitor yang digunakan meliputi nanopartikel Fe₃O₄ dan fenilalanin. Pemberian Fe₃O₄ NPs pada *Curcuma longa* dengan konsentrasi 15 mg/L mampu meningkatkan induksi kalus hingga 80%, pertumbuhan tunas hingga 70%, serta produksi kurkuminoid hingga 0,3 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol (Iqbal et al., 2024).

Sementara itu, pada *Curcuma xanthorriza*, penambahan fenilalanin 4 mg/L mampu meningkatkan kadar kurkumin secara signifikan, sedangkan konsentrasi 2 mg/L meningkatkan kadar desmetoksi-kurkumin (Rinanto, 2009). Temuan ini menunjukkan bahwa manipulasi kultur *in vitro* dengan berbagai prekursor dan elisitor dapat secara signifikan meningkatkan produksi metabolit sekunder yang bermanfaat bagi industri farmasi dan pangan.

Tabel 4. Penggunaan prekursor dan elisitor secara *in vitro* pada *Curcuma* sp. untuk peningkatan akumulasi metabolit sekunder.

No	Spesies	Jenis eksplan	Jenis prekursor atau elisitor dan konsentrasi pemakaian	Target metabolit sekunder dan hasil	Sumber referensi (tahun)
1.	<i>Curcuma xanthorriza</i>	Tunas	Prekursor Fenilalanin (konsentrasi 2-4	Penambahan fenilalanin pada media (4 mg/L) memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap kandungan	Rinanto (2009)

			mg/L) dengan kombinasi 2,4-D pada kisaran konsentrasi 2-4 mg/L	kurkumin pada kalus rimpang. Kombinasi penggunaan fenilalanin dengan 2,4-D berpengaruh terhadap kandungan kurkuminoid secara umum.	
2.	<i>Curcuma aromatica</i>	Tunas	Elisitor, (1) Lampu neon putih, (2) LED merah, (3) LED biru, (4) LED merah dan biru (7 : 3), dan (5) LED merah dan biru (3: 7)	Jumlah microrrhizome yang diinduksi tertinggi di bawah lampu merah (60%) dan terendah di bawah lampu biru (38%). Demikian pula, berat mikrohidom yang dihasilkan tertinggi dan terendah saat ditanam di bawah cahaya merah atau biru cahaya merah atau biru, masing-masing. Kandungan kurkumin dan demethoxycur- kurkumin pada mikoriza yang ditanam di bawah lampu merah adalah yang tertinggi di antara berbagai kondisi cahaya yang diuji. Oleh karena itu, kami menyimpulkan bahwa cahaya yang optimal untuk produksi kurkuminoid adalah lampu merah.	Wu et al. (2015)
3.	<i>Curcuma longa</i>	Tunas rimpang	Elisitor yang digunakan berupa kualitas cahaya pada panjang gelombang 380- 780 nm, UV (380- 399), biru (400- 499), hijau (500- 599), merah (600- 700), dan merah jauh (701-780)	Lampu LED merah-biru meningkatkan proliferasi tunas <i>C. longa</i> secara <i>in vitro</i> . Tanaman di bawah cahaya merah-biru juga menunjukkan tingkat fitokimia yang lebih tinggi seperti polifenol, flavonoid, dan gula pereduksi, yang merangsang sintesis kurkumin pada fase aklimatisasi.	Marchant et al. (2022)
4.	<i>Curcuma longa</i>	Kalus	Elisitor nanopartikel Fe ₃ O ₄ Konsentrasi pemakaian Fe ₃ O ₄ pada kisaran 1-20 mg/L	Curcuminoid, penambahan nanopartikel Fe ₃ O ₄ sebanyak 15 mg/L menunjukkan peningkatan 80% dalam induksi kalus, peningkatan 70% dalam pertumbuhan tunas, peningkatan 75% dalam induksi akar dan mendukung produksi 0,3 kali lebih banyak kurkuminoid.	Iqbal et al. (2024)

Peluang riset masa datang untuk *Stevia rebaudiana* Bertoni dan *Curcuma* sp.

Penelitian *in vitro* selama 25 tahun terakhir telah meletakkan dasar yang kuat untuk perbanyakan massal dan peningkatan senyawa bioaktif pada *Stevia rebaudiana* dan *Curcuma* sp., mengatasi berbagai kendala budidaya konvensional. Ke depan, peluang riset terbuka

lebar untuk lebih mengoptimalkan produksi metabolit sekunder seperti glikosida steviol dan kurkuminoid melalui eksplorasi prekursor dan elisitor baru, kombinasi perlakuan inovatif, serta pendalaman pemahaman mekanisme biosintesisnya di tingkat molekuler. Selain itu, fokus krusial adalah pada pengembangan metode konservasi *in vitro* yang andal, seperti

kriopreservasi dan penyimpanan pertumbuhan lambat, untuk menjaga keanekaragaman genetik kedua genus tanaman penting ini. Teknologi benih sintetik juga perlu dikembangkan lebih lanjut sebagai alat potensial untuk penyimpanan jangka menengah, distribusi plasma nutfah, dan kemudahan aplikasi di lapangan, yang secara langsung mendukung upaya konservasi.

Untuk mengaplikasikan potensi ini menjadi praktik yang berkelanjutan dan efisien, riset masa depan juga perlu diarahkan pada peningkatan skala produksi melalui adaptasi sistem bioreaktor, serta peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya seperti optimasi media kultur dan penggunaan energi (contohnya pencahayaan LED). Peningkatan keberhasilan aklimatisasi planlet ke kondisi *ex vitro* dan pemantauan stabilitas genetik kultur jangka panjang menjadi kunci untuk memastikan kualitas dan keseragaman hasil. Dengan demikian, kelanjutan riset *in vitro* pada *Stevia* dan *Curcuma* tidak hanya akan mendukung pemenuhan kebutuhan industri pangan dan farmasi tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan pelestarian sumber daya genetik tanaman yang berharga.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil 25 tahun riset *Stevia rebaudiana* lebih banyak dikaji secara kultur *in vitro* dibandingkan *Curcuma* karena memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai sumber pemanis alami rendah kalori, sementara budidaya konvensional sulit akibat rendahnya perkecambahan dan perbanyakan vegetatif. Kultur *in vitro* memungkinkan perbanyakan massal serta optimasi produksi glikosida steviol melalui manipulasi faktor lingkungan seperti elisitor dan cahaya. Selain itu, *Stevia* lebih responsif terhadap perlakuan kultur *in vitro*, sehingga menarik perhatian peneliti untuk meningkatkan kandungan metabolit sekundernya. Sebaliknya, *Curcuma* lebih banyak diteliti dalam konteks ekstraksi dan formulasi farmasi karena lebih mudah dibudidayakan secara konvensional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ketua Program Studi Magister Biologi,

Departemen Biologi, FMIPA Universitas Andalas atas fasilitas yang diberikan selama penulisan artikel ini. Ucapan terimakasih disampaikan juga kepada Fathrisa Amal Syifa atas tambahan informasi yang diberikan dalam pengoleksian informasi terkait dengan penggunaan prekursor dan elisitor pada *Stevia rebaudiana*. Ucapan terimakasih selanjutnya juga disampaikan kepada Mimma Latifah Daraquthni dan Fierly Hanifa atas tambahan informasi yang diberikan terkait dengan mikropopulasi serta penggunaan prekursor dan elisitor pada *Curcuma* sp.

Referensi

- Adabiyah, R., Ratnadewi, D., & Ermayanti, T. M. (2019). Evaluasi Pertumbuhan *Stevia rebaudiana* Bert. Tetraploid Secara *In vitro* dan di Lapang untuk Produksi Steviosida dan Rebaudiosida-A. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(2), 153-165. <https://doi.org/10.47349/jbi/15022019/153>
- Ahmad, M. A., Javed, R., Adeel, M., Rizwan, M., Ao, Q., & Yang, Y. (2020). Engineered ZnO and CuO nanoparticles ameliorate morphological and biochemical response in tissue culture regenerants of candyleaf (*Stevia rebaudiana*). *Molecules*, 25(6), 1356. <https://doi.org/10.3390/molecules25061356>
- Ahmad, N., Khan, P., Khan, A., Usman, M., Ali, M., Fazal, H. & Abbasi, B. H. (2021). Elicitation of submerged adventitious root cultures of *Stevia rebaudiana* with *Cuscuta reflexa* for production of biomass and secondary metabolites. *Molecules*, 27(1), 14. <https://doi.org/10.3390/molecules27010014>
- Alcalde M. A., Perez-Matas E., Escrich A., Cusido R. M., Palazon J., and Bonfill M. (2022). Biotic elicitors inadvertitious and hairy root cultures: A review from 2010 to 2022. *Molecules*, 27: 5253. <https://doi.org/10.3390/molecules27165253>
- Alvarado-Orea I. V., Paniagua-Vega D., Capataz-Tafur J., Torres-López A., Vera-Reyes I., García-López E., and Huerta-Heredia A. A. (2020). Photoperiod and

- elicitors increase steviol glycosides, phenolics, and flavonoid contents in root cultures of *Stevia rebaudiana*. *In vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 56: 298-306. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-10041-3>
- Amien, S., Aji, D. N., & Mamluatul, T. (2020). Multiplikasi cepat tunas tiga aksesi stevia secara *in vitro*. *Kultivasi*, 19(3), 1247-1253. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i3.29468>
- Antoniazzi, D., de Souza Ferrari, M. P., Nascimento, A. B., Silveira, F. A., Pio, L. A. S., Pasqual, M., & Magalhães, H. M. (2016). Growth regulators, DNA content and anatomy *in vitro*-cultivated *Curcuma longa* seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 15(32), 1711-1725. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15445>
- Arlianti, T., Syahid, S. F., Kristina, N. N., & Rostiana, O. (2013). Pengaruh auksin IAA, IBA, dan NAA terhadap induksi perakaran tanaman Stevia (*Stevia rebaudiana*) secara *in vitro*. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat*, 24(2). <https://doi.org/10.21082/jlitri.v20n3.2014.122-129>
- As' ad, Z., Lestari, W., Maulana, A., Fenaldi, A., Jannah, M., Wahyuni, D. S. & Nurokhman, A. (2023). Kemampuan Kin dalam Menginduksi Tunas pada Eksplan Ibu angkai Daun Stevia (*Stevia Rebaudiana* B.) Melalui Kultur Jaringan. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi* Vol. 6, No. 1, pp. 28-32. <https://doi.org/10.36456/stigma.17.01.8855.99-104>
- Asmono, S. L., Sari, V. K., & Wardana, R. (2018). Respons pertumbuhan tunas mikro stevia (*stevia rebaudiana bertonii*) secara *in vitro* pada beberapa jenis sitokinin dan konsentrasi air kelapa. *Agrin*, 21(2). <https://doi.org/10.20884/1.agrin.2017.21.2.395>
- Brijesh, H., & Ajjappala, B. (2023). Micropropagation strategies in medicinally important turmeric (*Curcuma* sp.): Current research and future challenges. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 11(3), 1-8. <https://doi.org/10.7324/jabb.2023.65814>
- Buana, A. S. (2018). Induksi kalus *Stevia Rebaudiana bertonii* m. dengan pemberian kombinasi FITOHORMON NAA (naphtalene asetic acid), 2, 4-D (2, 4 diclorophenoxy asetic acid) dan BAP (benzil amino purin). *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 1(2), 78-83. <https://doi.org/10.33379/gtech.v1i2.272>
- Busaifi, R., Hirjani, H., & Lestari, R. (2021). Induksi Kalus Daun Stevia (*Stevia rebaudiana*) Pada Berbagai Kombinasi 2, 4D dan BAP Secara *In vitro*. *Evolusi: Journal of Mathematics and Sciences*, 5(1), 50-57.
- Cahyono, E. H., & Mukhlis, S. (2020). Optimasi Pembuatan Biji Buatan Tanaman Stevia. *NaCosVi: Polije Proceedings Series*, 4(1), 313-319.
- Carneiro, J.W.P.; Muniz, A.S.; Guedes, T.A. (1997). Greenhouse bedding plant production of *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertonii. *Can. J. Plant Sci*, 77, 473–474. <https://doi.org/10.4141/p96-166>
- Dimas, M., Indrawati, W., & Supriyatdi, D. (2023). Respons Planlet Stevia (*Stevia rebaudiana*) terhadap Penambahan berbagai Konsentrasi Thidiazuron (TDZ) dan Naphthalene Acetic Acid (NAA) secara *in vitro*. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 107-114. <https://doi.org/10.25181/jaip.v11i2.2849>
- Dingse, P., Dennie Heroike, R., Aritonang, H. F., Rizkita Rachmi, E., & Erly, M. (2006). Pengaruh Triptofan pada Pertumbuhan dan Kandungan Katarantin dari Kalus *Catharanthus roseus*. *Jurnal Matematika dan Sains*, 11(4), 111-115. <http://journal.fmipa.itb.ac.id/jms/article/view/129>
- El-Hawaz, R. F., Bridges, W. C., & Adelberg, J. W. (2015). *In vitro* growth of *Curcuma longa* L. in response to five mineral elements and plant density in fed-batch culture systems. *PLoS One*, 10(4), e0118912. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118912>
- Ermayanti, T. M., Rantau, D. E., Al Hafiih, E., & Maulana, E. (2017). Peningkatan

- pertumbuhan kultur tunas *Stevia rebaudiana* Bertoni pada media dengan peningkatan kadar vitamin dan glisin serta penggunaan jenis tutup tabung berbeda. *Jurnal Biologi Indonesia*, 13(2). DOI: 10.14203/jbi.v13i2.3395
- Farjaminezhad, R., Bagheri, M., & Garoosi, G. (2023). Stevioside and rebaudioside A production in treated hairy root culture of *Stevia rebaudiana* with elicitors. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 12(1), 23-35. DOI:10.30479/IJGPB.2023.18905.1347
- Felippe, G.M.; Lucas, N.M.C. Estudo da viabilidade dos frutos de *Stevia rebaudiana* Bert. *Hoehnea*. 1971, 1, 95–105.
- Firdaus, W. M., & Asmono, S. L. (2021, July). Respon Pertumbuhan Planlet *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) pada Beberapa Konsentrasi Kin dengan Pencahayaan Lampu LED Merah Biru. In *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture* (pp. 162-170). DOI: 10.25047/agropross.2021.218
- Ghazal, B., Fareed, A., Ahmad, N., Azra, Salmen, S. H., Ansari, M. J., & Qayyum, A. (2024). Elicitors directed *in vitro* growth and production of stevioside and other secondary metabolites in *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni. *Scientific Reports*, 14(1), 14714. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65483-6>
- Ghose, A. K., Abdullah, S. N. A., Md Hatta, M. A., & Megat Wahab, P. E. (2022). *In vitro* regeneration of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) and evaluation of the impacts of growth media nutrients on the biosynthesis of steviol glycosides (SGs). *Agronomy*, 12(8), 1957. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081957>
- Giordano, A. and G. Tommonaro. 2019. Curcumin and cancer. *Nutrients*.Vol. 11(2376): 1-20. <http://doi.org/10.3390/nu11102376>.
- Hadiyana, A., & Syabana, M. A. (2015). Inisiasi tunas secara kultur jaringan pada stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) dengan konsentrasi indole butyric acid (IBA) and benzyl amino purine (BAP) yang berbeda. *Jurnal Agroekoteknologi*, 7(2).
- Hasan, Md.M., M.B. Hossain, A.Y.M.A. Azim, N.C. Ghosh, and Md.S. Reza. (2014). Application of purified curcumin as natural dye on cotton and polyester. *Int.J. Engineering & Technology*. Vol 14(5) : 17-23.
- Hutami, S., & Purnamaningsih, R. (2003). Perbanyakan klonal temu mangga (*Curcuma mangga*) melalui kultur *in vitro*. *Buletin Plasma Nutfah*, 9(1), 39-44. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/2126>
- Iqbal, M., Aftab, Z. E. H., Anjum, T., Rizwana, H., Akram, W., Aftab, A., & Li, G. (2024). Nano-integrated plant tissue culture to increase the rate of callus induction, growth, and curcuminoid production in *curcuma longa*. *Plants*, 13(13), 1819. <https://doi.org/10.3390/plants13131819>
- Israâ, M., & Inorih, E. (2020). Respon temu putih dan temu mangga dengan pemberian BA dan 2, 4-D secara *in vitro*. *Gema Agro*, 25(2), 92-102. <https://doi.org/10.22225/25.2.2608.92-102>
- Jadid, N., Anggraeni, S., Ramadani, M. R. N., Arieny, M., & Mas' ud, F. (2024). *In vitro* propagation of Indonesian stevia (*Stevia rebaudiana*) genotype using axenic nodal segments. *BMC Research Notes*, 17(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06703-0>
- Javed, R., Mohamed, A., Yücesan, B., Gürel, E., Kausar, R., & Zia, M. (2017). CuO nanoparticles significantly influence *in vitro* culture, steviol glycosides, and antioxidant activities of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 131, 611-620. DOI:10.1007/s11240-017-1312-6
- Javed, R., Yucesan, B., Zia, M., & Gurel, E. (2018). Elicitation of secondary metabolites in callus cultures of *Stevia rebaudiana* Bertoni grown under ZnO and CuO nanoparticles stress. *Sugar Tech*, 20, 194-201. DOI:10.1007/s12355-017-0539-1
- Jeyasri R., Muthuramalingam P., Karthick K., Shin H., Choi S. H., and Ramesh M. (2023). Methyl jasmonate and salicylic

- acid as powerful elicitors for enhancing the production of secondary metabolites in medicinal plants: an updated review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 153: 447-458. E-ISSN: 2278-4136
- Kandoudi W., Radácsi P., Gosztola B., and Zámoriné Németh É. (2022). Elicitation of medicinal plants in vivo-is it a realistic tool? The effect of methyl jasmonate and salicylic acid on lamiaceae species. *Horticulturae*, 8: 5. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010005>
- Kazmi A., Khan M. A., Mohammad S., Ali A., and Ali H. (2019). Biotechnological production of natural calorie free steviol glycosides in *Stevia rebaudiana*: an update on current scenario. *Current Biotechnology*, 8: 70-84. DOI:10.2174/2211550108666191210100751
- Khakpai F, Naseroleslami M, Moheb-Alian M, Ghanimati E, Abdollah-Pour F, Mousavi-Niri N. Intra-gastrically administration of *Stevia* and particularly Nano-*Stevia* reversed the hyperglycemia, anxiety, and memory impairment in streptozotocin-induced diabetic rats. *Physiol Behav.* 2023;263:114100. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114100>.
- Khan, M. A., Ali, A., Mohammad, S., Ali, H., Khan, T., Mashwani, Z. U. R., ... & Ahmad, P. (2020). Iron nano modulated growth and biosynthesis of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 143, 121-130. DOI:10.1007/s11240-020-01902-6
- Mahfudza, E., Mukarlina dan Linda R, 2018. Perbanyakan Tunas Pisang Cavendish (*Musa acuminata* L.) Secara *In vitro* dengan Penambahan Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan Air Kelapa. *Jurnal Protobiont*, 7(1): 75-79. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v7i1.23632>
- Marchant, M. J., Molina, P., Montecinos, M., Guzmán, L., Balada, C., Fassio, C., & Castro, M. (2021). *In vitro* propagation of Easter Island *Curcuma longa* from rhizome explants using temporary immersion system. *Agronomy*, 11(11), 2121. DOI:10.3390/agronomy11112121
- Marliana, M., Hafsan, H., Masriany, M., & Nur, F. (2021, November). Aplikasi ekstrak kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) sebagai anti kontaminan pada kultur *Stevia* (*S. rebaudiana*) secara *in vitro*. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, Vol. 7, No. 1, pp. 396-401. <https://doi.org/10.24252/psb.v7i1.24711>
- Mirah, T., Undang, U., Sunarya, Y., & Ermayanti, T. M. (2021). Pengaruh konsentrasi sitokinin dan jenis media terhadap pertumbuhan eksplan buku *stevia* (*Stevia rebaudiana* Bert.) tetraploid. *Media Pertanian*, 6(1). <https://doi.org/10.37058/mp.v6i1.2893>
- Nayak, S. (2000). *In vitro* multiplication and microrhizome induction in *Curcuma aromatica* Salisb. *Plant Growth Regulation*, 32(1), 41-47.
- Naz, B. et al. Melatonin-Induced Stress Enhanced Biomass and Production of High-Value Secondary Cell Products in Submerged Adventitious Root Cultures of *Stevia rebaudiana* (Bert.). *ACS Omega* <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07404> (2024)
- Nuroktavianti, F. D., & Nuraini, A. (2023). Multiplikasi tunas temu putih (*Curcuma zedoaria*) secara *in vitro* dengan Beberapa Konsentrasi Fitohormon Thidiazuron. *AGRONOMIKA*, 21(01), 31-35. DOI:10.1023/A:1006307316393
- Orellana-Paucar AM. Steviol glycosides from *Stevia rebaudiana*: an updated overview of their sweetening activity, pharmacological properties, and safety aspects. *Molecules*. 2023;28(3):1258. <https://doi.org/10.3390/molecules28031258>.
- Parnidi, P., & Ridhawati, A. (2020). Mikropropagasi pada tanaman *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*, 12(1), 45-53. DOI: 10.21082/btsm.v12n1.2020.45-53
- Pemanasari, Y. (2015). Pengaruh Asam Salisilat dan Fenilalanin Terhadap Kandungan Total Asam Fenol Pada Kultur Suspensi Sel *Moringa oleifera* Lam. *Institut*

- Teknologi Sepuluh Nopember*. DOI: repository.its.ac.id:71950
- Phillips, G. C., & Garda, M. (2019). Plant tissue culture media and practices: an overview. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55(3), 242-257. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09983-5>
- Pistelli, L., Bertoli, A., Gelli, F., Bedini, L., Ruffoni, B., & Pistelli, L. (2012). Production of Curcuminoids in Different *in vitro* Organs of *Curcuma longa*. *Natural Product Communications*, 7(8), <https://doi.org/10.1177/1934578X1200700819>
- Pranata, M. G., Yunus, A., & Pujiasmanto, B. (2015). Pengaruh konsentrasi naa dan air kelapa terhadap multiplikasi temulawak (*curcuma xanthorrhiza roxb.*) secara *in vitro*. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 30(2), 62-68. DOI:10.20961/carakatani.v30i2.11890
- Prasath, D., Kandiannan, K., Leela, N. K., Aarthi, S., Sasikumar, B., & Babu, K. N. (2018). Turmeric: Botany and production practices. *Horticultural Reviews*, 46, 99-184. <https://doi.org/10.1002/9781119521082.ch3>
- Rahma, D. A. (2020). *Pengaruh Pemberian BAP dengan Cahaya LED Merah-Biru dan Putih Terhadap Multiplikasi Tunas Stevia (Stevia rebaudiana B.) Secara In vitro* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jember).
- Rahman, A. T., Rafia, J., Jethro, A., Santoso, P., Kharisma, V. D., Murtadlo, A. A. A., Purnamasari, D., Soekamto, N. H., Ansori, A. N. M., Kuswati, Mandeli, R. S., Aledresi, K. A. M. S., Yusof, N. F. M., Jakhmola, V., Rebezov, M., Zainul, R., Dobhal, K., Parashar, T., Ghifari, M. A., & Sari, D. A. P. (2022). In silico study of the potential of endemic Sumatra wild turmeric rhizomes (*Curcuma Sumatrana*: Zingiberaceae) as anti-cancer. *Pharmacognosy Journal*, 14(6), 806-812. <https://doi.org/10.5530/pj.2022.14.171>
- Raihana, R., Faridah, Q. Z., Julia, A. A., Abdelmageed, A. H. A., & Kadir, M. A. (2011). *In vitro* culture of *Curcuma mangga* from rhizome bud. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(28), 6418-6422. DOI:10.5897/JMPR11.673
- Rakesh B., and Praveen N. (2022). Elicitor and precursor induced approaches to enhance the *in vitro* production of L-DOPA from cell cultures of *Mucuna pruriens*. *Industrial Crops and Products*, 188: 115735. DOI:10.1080/21553769.2011.649188
- Rasouli D., Werbrouck S., Maleki B., Jafary H., and Schurdi-Levraud V. (2021). Elicitor-induced *in vitro* shoot multiplication and steviol glycosides production in *Stevia rebaudiana*. *South African Journal of Botany*, 137: 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.10.023>
- Rattan S., and Warghat A. R. (2023). Comparative analysis of salidroside and rosavin accumulation and expression analysis of biosynthetic genes in salicylic acid and methyl jasmonate elicited cell suspension culture of *Rhodiola imbricata* (Edgew.). *Industrial Crops and Products*, 198: 116667. DOI:10.1016/j.indcrop.2023.116667
- Rinanto, Y. (2009). Induksi Sintesa Kurkuminoid dalam Kalus Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*, Roxb) Akibat Pengaruh Hormon 2, 4-D Dan Fenilalanin Pada Media Kultur. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 6(1), 1-8.
- Rohmah, D. I. (2014). Pengaruh Berbagai Konsentrasi Dichlorophenoxy Acetic Acid terhadap Kecepatan Induksi dan Viabilitas Kalus Daun Stevia (*Stevia rebaudiana*) pada Medium New Phalaenopsis secara *In vitro*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 3(1). <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/7087>
- Romadhoni, N. A., Suminar, E., Nuraini, A., & Mubarak, S. (2019). Pengujian Multiplikasi Eksplan Kunyit Dengan Penambahan Auksin Dan Sitokinin Pada Modifikasi Media (Multiplication Examination Of Turmeric Explants Using Auxin And Cytokinin To Modified Media). *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 24, Nomor 1. DOI:10.21831/jps.v24i1.19503
- Rustikawati, R., Herison, C., Inorih, E., & Dwisari, V. (2021). Effect of BAP (6-Benzyl Aminopurine) on *in vitro* shoot

- growth of curcumas. *AGRITROPICA: Journal Of Agricultural Sciences*, 4(1), 82-92.
<https://doi.org/10.31186/j.agritropica.4.1.82-92>
- Salehi B, López MD, Martínez-López S, Victoriano M, Sharifi-Rad J, Martorell M, Rodrigues CF, Martins N. (2019). Stevia rebaudiana Bertoni bioactive effects: from in vivo to clinical trials towards future therapeutic approaches. *Phytotherapy Res* 33(11):2904–2917.
 DOI: 10.1002/ptr.6478
- Samanhudi, S., Yunus, A., Pujiasmanto, B., & Saras, A. (2017). *In vitro* propagation of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Jurnal Jamu Indonesia*, 2(2), 37-42.
 DOI:10.29244/jji.v2i2.30
- Saptari, R. T. (2016). Modifikasi sistem kultur *in vitro* untuk meningkatkan vigor planlet stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) plantlets]. *Menara Perkebunan*, 84(2):.
<http://dx.doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v84i2.211>
- Shahinozzaman, M., Ferdous, M., Faruq, M., Azad, M., & Amin, M. (2013). Micropropagation of black turmeric (*Curcuma caesia* Roxb.) through *in vitro* culture of rhizome bud explants. *Journal of Central European Agriculture*.
 DOI:10.5513/JCEA01/14.3.1289
- Sharma S, Gupta S, Kumari D, Kothari SL, Jain R, Kachhwaha S. Exploring plant tissue culture and steviol glycosides production in *Stevia rebaudi-ana* (Bert.) Bertoni: a review. *Agriculture*. 2023;13(2):475.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13020475>.
- Shukla, S. K., Shukla, S., Koche, V., & Mishra, S. K. (2007). *In vitro* propagation of tikhur (*Curcuma angustifolia* Roxb.): a starch yielding plant.
- Sichanova, M., Geneva, M., Petrova, M., Miladinova-Georgieva, K., Kirova, E., Nedev, T., & Trendafilova, A. (2022). Improvement of *Stevia rebaudiana* Bertoni *in vitro* propagation and steviol glycoside content using aminoacid silver nanofibers. *Plants*, 11(19), 2468.
<https://doi.org/10.3390/plants11192468>
- Simlat M., Ptak A., Jaglarz A., Szewczyk A., Dziurka M., and Gurgul A. (2023). Seeds of *Stevia rebaudiana* bertoni as a source of plant growth-promoting endophytic bacteria with the potential to synthesize rebaudioside a. *International Journal of Molecular Sciences*, 24: 2174.
<https://doi.org/10.3390/ijms24032174>
- Sulistyowati, E. T., Isnaturrokhmi, I., Ihsani, D. N., Putra, A. R. J. S., Fernanda, J. D., Rahman, T., & Suwandi, T. (2024). Pengaruh Hormon Sitokinin Jenis Benzil Aminopurine (Bap) Terhadap Tunas Kunyit (*Curcuma longa*). *Borneo Journal of Biology Education (BJBE)*, 6(1), 1-7.
<https://doi.org/10.35334/bjbe.v6i1.5176>
- Suminar, E., Sobarna, D. S., Mubarak, S., Sulistyaningsih, S., & Setiawan, A. (2021). Pertumbuhan tunas kunyit tinggi kurkumin pada berbagai jenis sitokinin dan auksin secara *in vitro*. *Kultivasi*, 20(1), 42-46.
<https://jurnal.unpad.ac.id/kultivasi/article/view/30705>
- Syabana, M. A., Marianingsih, P., Hermita, N., & Rohimah, I. (2017). Induksi dan pertumbuhan kalus tanaman stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni M.) dengan perbedaan konsentrasi PEG (Polyethylene Glycol) pada kondisi pencahayaan secara *in vitro*. *Vitro. Biodidaktika*, 12(2), 57-68. p-ISSN: 1907-087X; e-ISSN: 2527-4562
- Syukur, C. (2004). Temu Putih Tanaman Obat Anti Kanker. Jakarta: PT. Penebar Swadaya. ISBN/ISSN 979-489-720-5
- Tarigan, R. A., Khairunnisa, S. L., Syafitra, A. A., & Noer, Z. (2024). Respon Pemberian Konsentrasi BAP Terhadap Pertumbuhan *Stevia Rebaudiana* Secara *In vitro*. *MEDIAGRO*, 20(3).
 DOI:10.31942/mediagro.v20i3.11728
- Tavakoli H, Tavakoli N, Moradi F (2019) The effect of the elicitors on the steviol glycosides biosynthesis pathway in *Stevia rebaudiana*. *Funct Plant Biol* 46(9):787–795. DOI: 10.1071/FP19014
- Tejavathi, D. H., & Sujatha, B. S. (2016). *In vitro* propagation of *Curcuma karnatakensis*-an endemic taxon. *International Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 34, No. 6, 1755-1760 ref. 36.
<http://serialsjournals.com/serialjournalmanager/pdf/1483765098.pdf>
- Thakur K., Ashrita, Sood A., Kumar P., Kumar D., and Warghat A. R. (2021). Steviol

- glycoside accumulation and expression profiling of biosynthetic pathway genes in elicited *in vitro* cultures of *Stevia rebaudiana*. *In vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 57:214-224. DOI: 10.1007/s11627-020-10151-3
- Thakur, M., R.Virk, P.S. Sangha, V. Saxena. (2019). The effect of turmeric on alzheimer's patients. *J.Food Sci Nutr Res*. Vol. 2(4): 347-353. doi: 10.4103/0974-8520.110524
- Van Tan, P. (2016). Micropropagation of *Curcuma* sp., a threatened medicinal plant. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 7(10), 418. DOI: 10.4236/abb.2016.710040
- Vutakuri, N. (2018). Curcumin: Breast cancer therapeutic agent to replace allopathic treatments with extensive side effects. *J.Young Investigator*. Vol. 35(2):39-44.
- Waman, A. A., Bohra, P., Karthika Devi, R., & Pixy, J. (2021). *In vitro* multiplication protocol for *Curcuma mangga*: Studies on carbon, cytokinin source and explant size. *Journal of Horticultural Sciences*, 16(1), 69-76. DOI: <https://doi.org/10.24154/jhs.v16i1.1101>
- Wiryoendjono, K., & Supriyadi, S. (2014). Identification of Stevioside on *Stevia* Leaf Callus Grown by 2, 4-D and Kin. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 11(1), 1-7.
- Yachya, A., Nurokhman, A., & As'ad, Z. (2024). Pengaruh Pemberian Kin Terhadap Induksi Tunas Pada Eksplan *Stevia* (*Stevia rebaudiana* B.) Melalui Kultur Jaringan. *Stigma: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 17(01), 13-18.
- Yadav, D., Gaurav, H., Yadav, R., Waris, R., Afzal, K., & Shukla, A. C. (2023). A comprehensive review on soft rot disease management in ginger (*Zingiber officinale*) for enhancing its pharmaceutical and industrial values. *Heliyon* 9(7), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18337>
- Yoosumran, V., Saetiew, K., Ruamrungsri, S., Akarapisarn, A., & Teerarak, M. (2022). Micropropagation of young inflorescence *curcuma* hybrid *in vitro*. <http://www.ijat-aatsea.com/>
- Yulizar, D. R., Noli, Z. A., & Idris, M. (2014). Induksi tunas kunyit putih (*Curcuma zedoaria* Roscoe) pada media MS dengan penambahan berbagai konsentrasi BAP dan sukrosa secara *in vitro*. *Jurnal Biologi UNAND*, 3(4). DOI: <https://doi.org/10.25077/jbioua.3.4.25p.2014>
- Yusnita. (2003). Kultur jaringan Cara Memperbanyak secara Efisien. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Ziraluo, Y. P. B. (2021). Metode perbanyakan tanaman ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* poiret) dengan teknik kultur jaringan atau stek planlet. *Jurnal inovasi penelitian*, 2(3), 1037–1046. DOI: <https://doi.org/10.47492/jip.v2i3.819>