



AGRILAND

Jurnal Ilmu Pertanian

Journal homepage: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/agriland>



Penerapan Bioteknologi Dalam Pengembangan Tanaman Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.)

Application Of Biotechnology in Ginger Improvement (*Zingiber officinale* Rosc.)

Emilda^{1*}

^{1*} Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indraprasta PGRI Jl. Nangka No. 58C (TB. Simatupang, Kel. Tanjung Barat, Kec. Jagakarsa, Jakarta Selatan 12530, Indonesia. Email:

*Corresponding Author: Email: emilda1430@gmail.com

ABSTRAK

Budidaya tanaman jahe masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama pengadaan rimpang yang berkualitas sebagai sumber benih yang sehat dan tahan terhadap berbagai penyakit, sistem budidaya yang belum memenuhi standar good agricultural practices dsb. Tantangan ini harus dijawab untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi jahe seiring makin bertambahnya permintaan. Bioteknologi merupakan salah satu teknologi yang terus berkembang di berbagai aspek dan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Berdasarkan kajian terhadap berbagai penelitian, diketahui bahwa kultur jaringan/mikropropagasi paling banyak dilakukan pada tanaman jahe. Sedangkan teknik manipulasi genetik, kultur sel suspensi dan embriogenesis Somatik masih jarang dilakukan. Hal ini dikarenakan kemudahan pengerjaan dan biaya yang lebih murah, serta hasil yang cukup baik dibandingkan Teknik lain. Akan tetapi pengembangan teknik mikropropagasi serta kualitas bahan dan media yang digunakan masih perlu dilakukan supaya tingkat keberhasilan dan survival rate planlet semakin tinggi.

Kata Kunci : Jahe, Benih, Bioteknologi, dan Kultur Jaringan.

ABSTRACT

Ginger cultivation still faces a number of challenges, especially the procurement of quality rhizomes as a source of seeds that are healthy and resistant to various diseases, cultivation systems that not up to standard yet of GAP, etc. This challenge must be answered to increase the quantity and quality of ginger production in line with the increasing demand. Biotechnology is a technology that continues to develop in various aspects and can be used to overcome existing problems. Based on a review of various studies, it is known that tissue culture/micropropagation is mostly done on ginger plants. While genetic manipulation techniques, suspension cell culture and somatic embryogenesis are still rarely used. This is due to the ease of processing and lower costs, as well as quite good results compared to other techniques. However, the development of micropropagation techniques and the quality of materials and media used still needs to be done so that the success and survival rate of plantlets is higher.

Keywords: Ginger, Seeds, Biotechnology, and Tissue Culture

Pendahuluan

Tanaman jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) termasuk dalam famili Zingiberaceae dan merupakan tanaman obat yang tingkat produksinya paling tinggi saat ini. Menurut data Kementan produksi jahe nasional dalam kurun tahun 2017-2020 berkisar 174 – 216 ribu ton/tahun atau rerata 195

ribu ton/tahun (Anonim, 2021). Bahkan secara global, Indonesia merupakan produsen jahe kelima terbesar. Hanya saja, besarnya jumlah produksi ini belum bisa memenuhi semua kebutuhan dalam negeri. Indonesia masih mengimpor jahe untuk mencukupi kebutuhan tersebut.

Berdasarkan data BPS 2021, rata-rata impor jahe per tahun sebesar 11 ribu ton dan impor tertinggi terjadi pada tahun 2019 (21,7 ribu ton) kemudian turun pada tahun 2020 (19,2 ribu ton) (Anonim, 2021).

Peningkatan permintaan jahe dalam negeri terjadi seiring tumbuhnya industri obat herbal dan jamu. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan Kementerian Kesehatan RI pasar obat herbal meningkat dalam dekade terakhir. Pada tahun 2012, pasar obat herbal mencapai Rp 13,2 triliun dengan nilai dalam negeri sebesar Rp12,1 triliun dan ekspor sebesar Rp 1,1 triliun. Pasar obat herbal tersebut meliputi jamu, obat herbal, minuman herbal, spa dan aroma terapi.

Kondisi tersebut, menuntut perbaikan budidaya jahe guna meningkatkan produksi. Namun hingga saat ini budidaya jahe masih menghadapi sejumlah tantangan utamanya pengadaan benih rimpang yang berkualitas sebagai sumber benih yang sehat dan tahan terhadap berbagai penyakit, sistem budidaya yang belum memenuhi standar good agricultural practises, dan sebagainya.

Menurut Rusmin dkk (2020) permasalahan utama budidaya jahe adalah sulitnya memperoleh rimpang benih bermutu dalam jumlah cukup pada waktu yang diperlukan. Hal ini disebabkan rendahnya mutu bahan tanaman, diantaranya umur panen yang tidak tepat serta bobot benih yang cepat menyusut dan viabilitas rendah. Begitupula dari sisi kuantitas. Biasanya untuk memperoleh hasil panen 5-6 ton/ha dibutuhkan bibit potongan rimpang antara 2-3 ton/ha. Pengadaan bibit sebanyak itu dengan kualitas yang seragam cukup sulit dilakukan melalui budidaya pertanian biasa. Dan kendala lainnya yaitu ketahanan terhadap penyakit tular benih layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*.

Bioteknologi salah satu bidang yang paling maju dalam penelitian ilmiah dan membuka berbagai aspek dalam penerapannya khususnya dibidang kesehatan dan obat-obatan. Teknik kultur jaringan dan kultur sel tanaman obat sudah lama dimanfaatkan untuk memperoleh sifat-sifat dari berbagai obat. Selain itu, perkembangan bioteknologi memungkinkan dilakukan pemuliaan

haploid tanaman obat, kultur protoplas dan konservasi plasma nutfah untuk pengawetan tanaman obat yang bernilai tinggi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka tulisan ini disusun untuk mengetahui dan memahami bagaimana pemanfaatan teknik Bioteknologi untuk pengembangan budidaya tanaman jahe di Indonesia, baik dari sisi perbaikan produksi dan peningkatan kandungan metabolit sekunder.

Bahan dan Metode

Metode penyusunan artikel ini berdasarkan kajian literatur yang terbit secara online dengan pendekatan deskriptif. Beberapa kata kunci yang digunakan antara lain: jahe, *Zingiber officinale*, khasiat dan kandungan zat bioaktif, role of biotechnology in medicinal plants dan lainnya. Semua artikel yang diperoleh dianalisis dan disusun mendapatkan informasi mendalam mengenai ciri dan kandungan bioaktif tanaman jahe, pemanfaatan ilmu bioteknologi dalam peningkatan kuantitas dan kualitas tanaman jahe.

Hasil dan Pembahasan

Tanaman Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) dan Kandungan Bioaktifnya

Tanaman jahe merupakan komoditas yang sudah umum dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai bumbu masakan. Saat ini tanaman jahe termasuk tanaman industri seiring berkembangnya industri herbal dan jamu. Bagian tanaman jahe yang paling banyak dimanfaatkan adalah rimpang karena sangat kaya dengan kandungan zat bioaktif.

Varietas jahe yang dikenal di Indonesia ada 3 varietas yakni jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*), jahe putih kecil (*Z. officinale* var. *amarum*) dan jahe putih besar (*Z. officinale* var. *officinale*). Perbedaan ketiganya terlihat pada morfologi yaitu ukuran dan warna kulit rimpang (Rostiana dkk, 1991 dalam Rostiana, 2007), akar, batang, kadar minyak atsiri, kadar pati dan kadar serat (Bermawie 2003 dalam Bermawie dan Susi, 2011).

Berbagai hasil penelitian menyebutkan bahwa jahe mengandung banyak macam senyawa bioaktif. Arcusa et al (2022) mengatakan pada rimpang jahe ditemukan lebih dari 69 senyawa volatil dan 34 senyawa non volatil. Yadav et al (2021) menemukan sampai 400 komponen. Karena berbagai bahan aktif tersebut, jahe dianggap sebagai tanaman obat yang aman dengan sedikit efek samping.

Rasa dan aromanya yang menyegarkan menyebabkan banyak industri minuman dan makanan yang menambahkan komponen aktif jahe kedalam berbagai produk yang dibuat. Prasad and Tiyagi (2015) dalam Mao et al (2019) menyebutkan pada jahe ditemukan bahan bioaktif yang beragam seperti kelompok fenol dan senyawa kelompok terpen.

Kandungan senyawa volatil pada jahe berupa minyak atsiri dan merupakan komponen yang memberi aroma yang harum (khas) pada jahe. Kandungan minyak atsiri dalam jahe kering sekitar 1-3 % (Kurniasari dkk, 2008) dan kadarnya ditentukan oleh umur panen dan jenis jahe. Jahe dengan umur panen muda mengandung minyak atsirin tinggi. Semakin tua umurnya kandungan minyak atsiri makin menyusut sekalipun aromanya semakin menyengat. Zingiberen dan zingiberol adalah senyawa utama penyusun minyak jahe. Zingiberen merupakan seskuiterpen hidrokarbon yang memiliki sifat sebagai antioksidan alami, agen antiviral, dan antifertilitas.

Sedang senyawa non volatilnya disebut oleoresin dengan komponen terbesarnya adalah gingerol yang menghasilkan rasa pedas. Semakin tua umur panen jahe maka rasa pedas dan pahitnya makin kuat. Jahe umur panen 5-7 bulan mengandung sedikit serat dan komponen pungent tidak tajam. Sedangkan pada usia 9 bulan, komponen volatil dan pungent jahe mencapai maksimum begitu juga dengan kandungan serat jahe yang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya usia jahe. Selain gingerol juga ditemukan senyawa shogaol (fenilalkanone) yang merupakan hasil dehidrasi dari gingerol.

Gingerol bersifat antikoagulan, yaitu mencegah pengumpulan darah dan melancarkan aliran darah sehingga dapat mencegah penyakit stroke, jantung dan penyakit degeneratif lainnya (Stoilova et al., 2007 dalam Firdausni dkk, 2017). Malu et

al (2009) mengutip sejumlah penelitian yang menyatakan bahwa gingerol dapat meningkatkan motilitas saluran pencernaan dan memiliki sifat analgesik, sebagai obat penenang dan antibakteri.

Mahmood (2019) melakukan review pada sejumlah artikel penelitian menyebutkan beberapa efek farmokologis yang ditemukan pada jahe yaitu pengaruh pada saluran pencernaan seperti mengobati keluhan maag, berpotensi menurunkan gula darah, efek antimikroba, antioksidan, berpengaruh pada kesehatan jantung, efek antiplatelet, terapi antikanker, anti inflamasi, bermanfaat untuk mengurangi muntah dan mual pada saat kehamilan, mengatasi mual dan muntah, radang sendi, serta baik untuk kondisi vaskular yaitu meningkatkan aktifitas fibrinolitik.

Penerapan Bioteknologi dalam Pengembangan Tanaman Jahe

Aplikasi bioteknologi dalam pengembangan tanaman obat dilakukan untuk beberapa tujuan yaitu peningkatan pertumbuhan tanaman, peningkatan produksi metabolit sekunder yaitu senyawa bioaktif yang akan dimanfaatkan, serta konservasi untuk melindungi tanaman obat yang hampir punah.

Untuk tujuan tersebut diaplikasikan beberapa teknik seperti regenerasi in vitro dan transformasi genetik untuk produksi metabolit sekunder dengan menjadikan tumbuhan sebagai bioreaktor. Teknik kriopreservasi sebagai metode konservasi jangka panjang yang menggunakan nitrogen cair yang dimanfaatkan bagi konservasi tumbuhan obat yang terancam punah, penanda molekuler untuk tujuan pemuliaan serta sidik jari genetik yang digunakan untuk mengidentifikasi plasma nutfah. Tripathi et al (2016) menyatakan pendekatan bioteknologi dengan kultur jaringan tanaman berpotensi sebagai penunjang budidaya pertanian konvensional dalam memproduksi metabolit sekunder pada tanaman skala industri.

Untuk tanaman jahe dapat dikembangkan dengan teknik kultur jaringan/mikropropagasi, peningkatan produksi metabolit sekunder menggunakan kultur suspensi sel, produksi haploid in vitro, embriogenesis somatik, hibridisasi somatik, konservasi dan penyimpanan

plasma nutfah, teknologi DNA rekombinan dan transgenik. Diantara teknik tersebut akan dibahas berikut:

a) Kultur jaringan/ Mikropropagasi

Penelitian tentang penerapan teknik kultur jaringan/mikropropagasi telah banyak dilakukan terkait perbaikan budidaya tanaman obat untuk mengatasi kekurangan penyediaan benih bermutu serta perbaikan kualitas kandungan senyawa bioaktif, baik diluar negeri maupun di Indonesia sendiri. Termasuk kultur jaringan pada tanaman jahe.

Keberhasilan mikropropagasi in vitro sangat ditentukan jenis tanaman, media,

dan sumber eksplan. Bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan diantaranya pucuk muda, batang muda, daun muda, kotiledon, hipokotil, endosperm dll. Tahapan mikropropagasi pada jahe yaitu proliferasi tunas in vitro, regenerasi/pertumbuhan plantlet, dan stimulasi pembentukan rimpang mikro. Sumber eksplan jahe yang digunakan diantaranya induksi tunas adventif, kalus dari kultur meristem, induksi kalus embrionik, Perbedaan penggunaan sumber eksplan menunjukkan perbedaan hasil kultur jaringan.

Tabel 1. Beberapa Penelitian Kultur Jaringan Tanaman Jahe

No	Sumber eksplan	Media kultur	Hasil yang Terbaik	Sumber
1	Tunas kecambah rimpang segar	media MS yang mengandung 3 mg/l BAP (6-benzyl-amino-purine)	rata-rata 5,4 pucuk per eksplan, setiap pucuk rata-rata memiliki 10 daun dan 17,7 akar.	Estouka et al (2021)
2	Tunas kecambah rimpang	MS ditambah 3 mg/L BA+ 0,5 mg/L NAA	Menghasilkan 10 tunas/eksplan, Panjang akar 5,16 cm dan jumlah akar 5/eksplan	Al-Taha et al (2020)
3	Tunas vegetatif rimpang	media MS yang dilengkapi dengan 1,0 mg/l BA, 0,1 mg/l NAA dan 0,1 mg/l GA3	tingkat multiplikasi yang meningkat sebesar 1:14 setelah subkultur ke-4.	Manisha et al (2018)
4	Tunas rimpang jahe 'Bentong'	Media MS disuplementasi dengan 10 µm zeatin	Menghasilkan jumlah pucuk per eksplan tertinggi yaitu 4,28.	Zahid et al, 2021
		Media MS yang disuplementasi dengan 7,5 µm NAA	Menghasilkan jumlah akar per plantlet tertinggi.	
5	Mata tunas rimpang jahe merah	Media MS dan sukrosa 30 g/l	Berat basah kalus tertinggi	Kherasani dkk, 2017
		Media MS dan sukrosa 50 g/l	Berat kering kalus tertinggi	
6	Tunas rimpang	natrium hipoklorit 3,6%, digunakan selama 20 menit,	menginduksi tingkat desinfeksi terbaik (100%) dan tunas sehat (84,66%)	Kone et al (2022)
		media MS diberi vitamin B5 (MSB) + 0,5 mg/L Asam Naftalena Asetat (ANA) + 5 mg/L Benzil Amino Purin (BAP)]	menginduksi rata-rata jumlah tunas tertinggi (22,83 tunas) dengan tingkat induksi 80,50%.	

Tabel penelitian diatas memperlihatkan kultur jaringan yang dilakukan pada tanaman jahe menggunakan sumber

eksplan berupa tunas rimpang atau mata tunasnya. Sebelumnya penelitian Rostiana dan Syahid (2007a) dalam Rostiana (2007)

membuktikan kultur dari tunas menghasilkan kapasitas regenerasi yang lebih baik dibanding menggunakan daun aseptik. Sementara media kultur yang digunakan semuanya memanfaatkan media MS (Murashige and Skoog) namun dengan memasukkan berbagai zat tambahan untuk mendukung pertumbuhan tunas. Diantaranya menambahkan sumber karbohidrat (fruktosa atau sukrosa), penambahan hormon/zat pengatur tumbuh seperti sitokinin sintetik (BAP, kinetin, thidiazuron), NAA (α -naphthaleneacetic acid) sejenis hormon tumbuhan berspektrum luas, GA3 (asam giberelin), atau penambahan vitamin dsb.

b) Kultur suspensi sel

Beberapa teknik peningkatan produksi metabolit sekunder dilakukan baik secara in vitro maupun in vivo. Namun pada umumnya teknik in vitro tidak terlalu berpengaruh meningkatkan kadar metabolit sekunder tanaman jahe yakni senyawa gingerol dan gingeren. Namun ada studi yang menyebutkan ada pengaruh asam mevalonat (MVA) dalam meningkatkan produksi 6-gingerol dalam kultur kalus yang ditumbuhkan secara in vitro dibandingkan dengan prekursor dan elisitor biotik lainnya (Shivakumar, 2019). Pada penelitian Prakoeswa dkk (2020) menemukan bahwa penggunaan media Vacin and Went (yang telah ditambah 5 ppm NAA dan 3.5 ppm BAP) dalam kultur tunas embrionik dapat meningkatkan minyak jahe yang dihasilkan dibandingkan media MS. Sedangkan penambahan fruktosa juga meningkatkan produksi minyak jahe dibandingkan dengan sukrosa, karena fruktosa memiliki derajat kemanisan yang lebih tinggi daripada karbohidrat lainnya.

c) Teknologi Manipulasi Genetik

Pengembangan jahe transgenik dengan teknologi DNA rekombinan juga dilakukan. Namun karena jahe diperbanyak secara vegetatif, maka keragaman genetiknya terbatas sehingga perkembangan transgenik sangat sedikit jumlahnya. Jahe transgenik telah dikembangkan untuk mengatasi kehilangan hasil panen karena penyakit, kurangnya ketahanan, dan kehilangan pasca panen (Shivakumar, 2019). Abbas et al (2011) melakukan transformasi genetik kuncup

jahe melalui embriogenesis somatik dan menemukan bahwa tunas muda memiliki potensi embriogenik yang sangat baik dan lebih unggul dari eksplan lain.

Prasath et al (2023) meneliti mekanisme interaksi yang sesuai antara patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. zingiberi dengan inangnya. Hasil penelitiannya mengungkap bahwa pada tanaman khususnya jahe ditemukan mekanisme transduksi sinyal umum untuk memberikan ketahanan terhadap patogen yang berbeda. Karakterisasi gen dan ekspresinya yang terlibat secara khusus dalam penargetan berbagai aspek mekanisme resistensi dapat menjadi strategi baru untuk mengendalikan *Fusarium yellows* pada jahe. Sehingga manipulasi genetik berpotensi digunakan untuk meningkatkan ketahanan pada kultivar jahe tertentu.

d. Teknik Embriogenesis Somatik

Embriogenesis somatik pada tanaman adalah proses pembentukan embrio dari sel-sel somatik atau sel-sel tubuh (bukan sel kelamin) (Hapsoro dan Yusnita, 2022). Embriogenesis somatik dapat terjadi baik secara alami maupun in vitro. Tetapi embriogenesis somatik banyak dipraktikkan secara in vitro bersamaan dengan berkembangnya teknik kultur jaringan tanaman. Salah satu manfaat teknik ini untuk perbanyakan tanaman secara klonal dan pemuliaan tanaman. Faktor yang paling berpengaruh pada pembentukan biak embriogenik serta regenerasinya adalah zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin.

Penelitian Bakti dkk (2005) kalus yang tumbuh pada perlakuan 10 dan 20 mg/l picloram setelah minggu ke -13 bersifat embrionik. Sel embrio somatik dicirikan berbentuk tidak bulat, sitoplasmanya padat sehingga sel berwarna lebih gelap dibanding sel non embriogenik yang transparan (kurang padat), vakuola sangat sedikit, ukuran sel kecil, inti besar dan bentuk selnya terorganisir (Litz dan Gray, 1995 dalam Bakti dkk, 2005). Dewi dkk (2010) berhasil mendapatkan kalus embrionik dari jaringan meristem tunas jahe varietas Cimanggu 1 yang dikultur dalam media MS dengan penambahan 2% sukrosa, 100 mg/l glutamin, 1,0 mg/l 2,4-D, dan 3,0 mg/l BA. Untuk menghasilkan plantlet, diperlukan empat kali subkultur

hingga sampai tahap subkultur pendewasaan.

Teknik-teknik dalam kajian Bioteknologi terus berkembang sesuai aspek-aspek kehidupan yang memanfaatkannya. Walaupun bioteknologi modern lebih berfokus pada bidang biomolekuler, namun pada tumbuhan khususnya tanaman jahe penerapan kultur jaringan lebih prospektif baik ditinjau dari

Kesimpulan

Pengembangan tanaman jahe masih harus dilakukan terutama menjawab persoalan ketersediaan benih rimpang sehat dan tahan penyakit serta peningkatan produksi senyawa metabolit sekunder. Berbagai teknik bioteknologi sangat potensial digunakan untuk menjawab persoalan ini. Kultur jaringan/mikropropagasi bisa dikatakan teknik yang paling realible dilaksanakan saat ini sesuai karakter tanaman jahe. Walaupun sudah lama digunakan, namun pengembangan penelitian perlu terus dilakukan. Diantaranya teknik mikropropagasi, kualitas bahan serta media yang digunakan perlu terus dikembangkan supaya tingkat keberhasilan dan survival rate planlet semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- Abbas, M. S., Taha, H. S., Aly, U. I., El-Shabrawi, H. M., & Gaber, E. S. I. (2011). In vitro propagation of ginger (*Zingiber officinale* Rosco). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 9(2), 165-172.
- Al-Taha, H. A., Al-Mayah, A. A., & Abd Al-Behadili, W. A. (2020). Efficient in vitro regeneration of *Zingiber officinale* Rosc. var. White through shoot tips culture. *Plant Archives*, 20(1), 434-437.
- Anonim. 2020. Outlook Teknologi Kesehatan 2020: Inisiatif Penguatan Rantai Pasok Bahan Baku Obat. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta
- Anonim. (2021). Neraca Jahe dalam Negeri Masih Positif. <https://pangannews.id/berita/1618733971/neraca-jahe-dalam-negeri-masih-positif>. Diakses 5 Juli 2023.
- Arcusa, R., Villaño, D., Marhuenda, J., Cano, M., Cerdà, B., & Zafrilla, P. (2022). Potential role of ginger (*Zingiber*

biaya pengerjaan, kemudahan pengerjaan dan tingkat keberhasilan dan hal ini ditunjukkan dari berbagai hasil penelitian yang ada. Walaupun demikian teknik mikropropagasi, kualitas bahan serta media yang digunakan perlu terus dikembangkan supaya tingkat keberhasilan dan survival rate planlet semakin tinggi.

officinale Roscoe) in the prevention of neurodegenerative diseases. *Frontiers in nutrition*, 9, 809621

- Bakti C, GA Wattimena, Witjaksono. 2005. Embriogenesis Somatik Jahe Pada Berbagai Zat Pengatur Tumbuh (*Zingiber officinale* Rosc.). <https://pustaka.unpad.ac.id/archives>. Diakses 18 Juli 2023
- Bermawie N dan Susi P. 2011. Botani, Sistematika dan Keragaman Kultivar Jahe. Dalam Buku Bunga Rampai Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.): Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe. Bogor. Badan penelitian dan pengembangan Pertanian. Hal 1-19
- Dewi I, M. S., Rostiana, O., & Khumaida, N. (2010). Pengaruh umur eksplan terhadap keberhasilan pembentukan kalus embriogenik pada kultur meristem jahe (*Zingiber officinale* Rosc).
- Estouka, I., Alhag Dow, M., & Bughrara, S. (2021). Simple micropropagation method of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *J. Genet. Genom. Plant Breed*, 5(4), 106-114.
- Firdausni, F., Hermianti, W., & Kumar, R. (2017). Pengaruh penggunaan sukrosa dan penstabil karboksi metil selulosa (CMC) terhadap mutu dan gingerol jahe Instan. *Jurnal Litbang Industri*, 7(2), 137-146.
- Hapsoro D dan Yusnita. (2022). Embriogenesis Somatik In Vitro Untuk Perbanyak Klonal dan Pemuliaan Tanaman. Bandar Lampung. Penerbit Aura.
- Kherasani I, Erma P, Sri H. 2017. Pertumbuhan Kalus Eksplan Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc.) pada Berbagai Konsentrasi Sukrosa Secara In Vitro. *Buletin Anatomi dan Fisiologi Volume 2* (1). Hal: 43-49
- Kone, D., Kouadio, O. K. S., Silue, O., N'Guessan, A. R., Yeo, N., & Kouakou, T. H. (2022). Optimization of bud

- disinfection technique and influence of growth regulators on micropropagation in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(6), 2892-2904.
- Kurniasari, L., Hartati, I., & Ratnani, R. D. (2013). Kajian ekstraksi minyak jahe menggunakan microwave assisted extraction (MAE). *Majalah Ilmiah Momentum*, 4(2). Hal: 47-52
- Mahmood, S. (2019). A critical review on pharmaceutical and medicinal importance of ginger. *Acta Scientific Nutritional Health*, 3, 78-82.
- Malu, S. P., Obochi, G. O., Tawo, E. N., & Nyong, B. E. (2009). Antibacterial activity and medicinal properties of ginger (*Zingiber officinale*). *Global Journal of pure and applied Sciences*, 15(3-4).
- Manisha, T., Vishal, S., & Garima, K. (2018). In vitro production of disease free planting material of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.)-A single step procedure. *Research Journal of Biotechnology* Vol, 13, 3.
- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, 8(6), 185
- Prakoeswa, S. A., Tanowidjaya, R., & Suryaningsih, D. R. (2020). Propagasi dan biosintesis kandungan gingerol, shogaol dan zingerone (Ginger Oil) dari kalus jahe emprit (*Zingiber Majus* R.) dengan perlakuan jenis media dan macam karbohidrat. *Jurnal Teknik Kimia*, 14(2), 45-50.
- Prasath, D., Matthews, A., O'Neill, W. T., Aitken, E. A., & Chen, A. (2023). *Fusarium yellows of ginger (Zingiber officinale Roscoe) caused by Fusarium oxysporum f. sp. zingiberi is associated with cultivar-specific expression of defense-responsive genes. Pathogens*, 12(1), 141.
- Rostiana O. 2007. Peluang Pengembangan Bahan Tanaman Jahe Unggul Untuk Penanggulangan Penyakit Layu Bakteri. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/304245013>
- Rusmin D, M.R Suhartanto, S. Ilyas, D. Manohara dan E. Widajati. 2020. Peningkatan Produksi dan Mutu Rimpang Benih Jahe Putih Besar Melalui Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh. *Perspektif* Volume 19 Nomor 1, Juni 2020 29 - 40
- Shivakumar N. 2019. *Biotechnology And Crop Improvement Of Ginger (Zingiber officinale Rosc.)*. <https://www.intechopen.com/chapters/69314>
- Tripathi, N., Sapre, S., Gontia-Mishra, I., Prakash, V., & Tiwari, S. (2016). Bioactive natural products from plants and biotechnological approaches for their production. *Int J Biotechnol Wellness Ind*, 5, 91-110.
- Yadav, V., Yadav, P., Sahu, S., Yadav, M., & Gupta, S. (2021). A Review Literature On Ginger. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 9(1), 2200-2206.
- Zahid, N. A., Jaafar, H. Z., & Hakiman, M. (2021). Micropropagation of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) 'Bentong' and evaluation of its secondary metabolites and antioxidant activities compared with the conventionally propagated plant. *Plants*, 10(4), 630.