

Multiplikasi Tunas Jahe Putih Besar (*Zingiber officinale*) *In vitro* dalam Media MS yang Diperkaya BAP dan TDZ

Multiplication of Shoot Giant Ginger (Zingiber officinale) In-Vitro BAP and TDZ Enriched MS Media

Prasetyorini Djarot^{1*}, Ismanto¹, Anindita Aulya Pertiwi¹

Diterima 18 Januari 2024/ Disetujui 6 Desember 2024

ABSTRACT

The giant white ginger is useful as a spice and herbal medicine. Its gingerol can prevent and treat various diseases. In vitro culture techniques can also increase the production of large white ginger seedlings. The purpose of this technique is to obtain a medium for in vitro propagation of large white ginger seedlings that can produce many seedlings, uniformly, and comparable to their parents. This study was conducted from September 2022 to January 2023, using in vitro culture of giant white ginger at the Tissue Culture Laboratory, Center for Biotechnology and Agricultural Genetic Resources. To grow the explants on MS medium, the combination of growth regulators BAP with concentrations of (0, 1, and 5 mg L⁻¹) and TDZ with concentrations of 0.0, 0.1, and 0.2 mg L⁻¹ were used. The experiment was designed using randomized complete factorial. The results showed that treating BAP 1.0 mg L⁻¹ without adding TDZ is the best treatment because it encourages the growth of the best large white ginger explants in vitro. This is because they responded best to the treatment to produce bigger white ginger explants in vitro.

Keywords: gingerol, growth media, production, rhizomes

ABSTRAK

Rimpang jahe putih besar berguna sebagai rempah dan obat herbal. Gingerolnya memiliki kemampuan untuk mencegah dan mengobati berbagai penyakit. Teknik kultur *in vitro* juga dapat meningkatkan produksi bibit tanaman jahe putih besar. Tujuan dari teknik ini adalah untuk mendapatkan medium perbanyak bibit jahe putih besar secara *in vitro* yang dapat menghasilkan jumlah bibit yang banyak, seragam, dan sebanding dengan induknya. Studi ini dilakukan pada bulan September 2022–Januari 2023. Dengan menggunakan biakan *in vitro*, jahe putih besar di Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Besar Bioteknologi, dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Untuk menumbuhkan eksplan pada media MS kombinasi zat pengatur pertumbuhan BAP dengan konsentrasi (0, 1, dan 5 mg L⁻¹) dan TDZ dengan konsentrasi 0,0, 0,1, dan 0,2 mg L⁻¹ digunakan. Eksperimen ini dirancang menggunakan acak lengkap faktorial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan BAP 1.0 mg L⁻¹ tanpa penambahan TDZ adalah perlakuan terbaik, karena mendorong pertumbuhan eksplan jahe putih besar terbaik *in vitro*. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mereka memberikan respons terbaik terhadap pertumbuhan eksplan jahe putih besar *in vitro*.

Kata kunci: gingerol, media pertumbuhan, produksi, rimpang

PENDAHULUAN

Jahe putih besar, juga dikenal sebagai *Zingiber officinale* adalah rimpang yang berasal dari Asia Selatan yang sudah tersebar di seluruh dunia dan digunakan sebagai obat herbal dan rempah-rempah. Manfaatnya termasuk antiinflamasi,

antimual, antimikroba, antioksidan dan antikanker (Aryanta, 2019; Abdul *et al.*, 2020; Macalad *et al.*, 2016; Jayanudin *et al.*, 2019). Oleoresin merupakan produk ekstraksi jahe, terdiri dari komponen utamanya, *shogaol*, *gingerol*, dan *zingiberene*.

Selama ini, tanaman jahe telah diperbanyak melalui reproduksi vegetatif dengan fragmentasi rimpang. Namun,

¹Program Studi:Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan
Jl. Pakuan, Tegallega, Bogor, Jawa Barat, 16144, Indonesia
E-mail: prasetyorini@unpak.ac.id (*penulis korespondensi)

teknik tersebut dapat menyebabkan beberapa penyakit yang mudah ditularkan, seperti bakteri mengerut (*Pseudomonas solanacearum*), bercak atau blas di daun (*Phyllosticta zingiberi* dan *Pyricularia zingiberi*), pembusukan halus (*Pythium aphanidematum*), dan menguningnya daun (Abed *et al.*, 2016; Zahid *et al.*, 2021). Hal tersebut dapat dicapai melalui penggunaan teknologi kultur *in vitro* untuk meningkatkan kualitas produksi bibit tanaman jahe. Penambahan ZPT sangat penting untuk keberhasilan kultur *in vitro* karena jenis dan konsentrasi ZPT yang diberikan akan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. ZPT BAP (*Benzyl Amino Purin*) adalah jenis sitokinin sintetik yang paling umum digunakan dalam perbanyakan tanaman secara *in vitro*. BAP mempunyai gugus benzyl yang membuatnya lebih efektif daripada kinetin, meskipun memiliki struktur dasar yang sama (Maninggolang *et al.*, 2018). Wardiyati (2018) menyatakan bahwa thidiazuron adalah salah satu jenis sitokinin tipe phenylurea sintetik yang memiliki kemampuan untuk menyebabkan tunas. Zeatin, kinetin, BAP, dan sitokinin lain juga memiliki kemampuan ini.

Tujuan penelitian mendapatkan medium untuk perbanyakan bibit jahe putih besar secara *in vitro* yang dapat menghasilkan jumlah bibit yang banyak, seragam dan memiliki sifat sama dengan induknya. Bibit dengan kualitas baik dapat dilihat pada pertumbuhan jumlah tunas terbanyak jahe putih besar, sedangkan untuk keseragaman bibit dilihat dari viabilitas jahe putih besar yang dibuktikan dengan Gambar 1.

BAHAN DAN METODE

Studi ini dilakukan di BB-Biogen (Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian), Cimanggu, dan Laboratorium Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan dari bulan September 2022 hingga Januari 2023. Dalam penelitian ini, menggunakan koleksi eksplan jahe putih besar *in vitro* BB-Biogen. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah MS (Murashige dan Skoog, 1962), yang diperkaya dengan sitokinin BAP (*Benzyl Amino Purin*) dan Thidiazuron (TDZ).

Dalam percobaan ini, menggunakan pola faktorial acak lengkap (RAL). Faktor pertama BAP memiliki konsentrasi 0.0 mg L⁻¹, 1.0 mg L⁻¹, dan 5.0 mg L⁻¹, dan faktor kedua TDZ memiliki konsentrasi 0.0 mg L⁻¹, 0.1 mg L⁻¹, dan 0.2 mg L⁻¹ dengan jumlah 9 perlakuan dan ulangan masing-masing 15 kali, sehingga total planlet yang diamati yaitu sebanyak 135 satuan percobaan. Penelitian dilakukan setiap dua minggu selama tiga bulan, dengan peubah seperti tinggi tanaman, jumlah tunas, tinggi tunas, jumlah akar, dan jumlah daun yang dicatat.

Analisis data dilakukan menggunakan analisis ragam (uji-F) pada taraf $\alpha = 0.05$. Untuk data yang memberikan respon nyata berdasarkan uji-F, uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dan *Least Significant Different* (LSD) dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur 4, 6, 8, dan 10 MST, perlakuan dengan konsentrasi BAP 1.0 + TDZ 0.0 mg L⁻¹ menghasilkan tanaman yang lebih baik daripada kombinasi perlakuan lainnya. Pada umur 12 MST, perlakuan ini menghasilkan tanaman yang lebih baik. Perlakuan yang menggunakan kontrol (MS0) menghasilkan tanaman yang paling tinggi. Yulizar *et al.* (2014) menyatakan bahwa eksplan temu putih yang termasuk dalam kategori tanaman herbaceous juga dianggap menerima nutrisi yang cukup dari medium MS0 yang digunakan. Ini menunjukkan bahwa kultur memiliki bagian yang berklorofil dan segar. Dengan meningkatkan taraf konsentrasi TDZ pada perlakuan tanpa BAP dan BAP 1.0 + TDZ 0.0 mg L⁻¹, pertumbuhan tinggi tanaman eksplan jahe putih dapat dihindari, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Jumlah Akar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.0 mg L⁻¹ menghasilkan jumlah akar yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya pada umur 4 dan 6 MST. Sementara itu, perlakuan kontrol menghasilkan jumlah akar yang setara dengan konsentrasi BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.1 mg L⁻¹ dan BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.2 mg L⁻¹ pada umur 8, 10, dan 12 MST. Kombinasi perlakuan BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.0 mg L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik secara keseluruhan (Tabel 2).

Jumlah akar tidak memberikan pengaruh yang nyata pada media eksplan yang ditambahkan dengan TDZ dan menghasilkan jumlah akar sedikit. Ini menunjukkan bahwa perawatan kombinasi kedua ZPT tidak berdampak pada jumlah akar yang diproduksi tanaman.

Menurut Hartati *et al.* (2016) konsentrasi kedua ZPT tidak ideal untuk merangsang pembentukan akar anggrek. Menurut Basri (2008), ada dua komponen utama yang dapat memengaruhi efektivitas ZPT terhadap pertumbuhan tanaman: kimia dasar dan kelompok rantai sampingnya. BAP memiliki gugus adenin, sedangkan TDZ memiliki gugus fenilurea, sehingga memiliki efek yang berbeda pada tanaman krisan. Menurut Dinani *et al.* (2018), ini dapat terjadi karena pemberian TDZ pada media dapat menghambat pertumbuhan akar karena berfungsi sebagai auksin antagonis. Auksin ini memiliki kemampuan untuk mendukung regenerasi, embriogenesis somatik, organogenesis, dan perkembangan tunas adventif.

Jumlah Daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memberikan respons jumlah daun nyata yang sama dengan taraf yang lebih tinggi pada umur 4, 6, dan 8 MST. Pada umur 10 MST, konsentrasi BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.0 menghasilkan jumlah daun nyata yang lebih tinggi daripada taraf perlakuan

Tabel 1. Pengaruh interaksi konsentrasi kombinasi BAP dan TDZ terhadap tinggi tanaman

Interaksi perlakuan (mg L ⁻¹)	Tinggi tanaman (cm)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol	1.39bc	2.63b	4.33b	5.00b	7.52a
BAP 0.0 + TDZ 0.1	1.23bcd	2.03cde	2.51cd	3.14c	5.25b
BAP 0.0 + TDZ 0.2	1.15bcd	1.70def	1.88e	2.19e	2.82d
BAP 1.0 + TDZ 0.0	1.98a	3.52a	5.31a	6.03a	7.02a
BAP 1.0 + TDZ 0.1	1.07cd	2.12bcd	2.66cd	3.08cd	4.42c
BAP 1.0 + TDZ 0.2	1.06d	1.47f	1.82e	2.38de	3.43d
BAP 5.0 + TDZ 0.0	1.07cd	1.53ef	2.28de	2.74cde	3.20d
BAP 5.0 + TDZ 0.1	1.46b	2.57bc	2.97c	3.36c	4.73bc
BAP 5.0 + TDZ 0.2	1.23bcd	2.05cde	2.28de	2.65cde	3.22d
Rata-rata total	1.29	2.18	2.89	3.40	4.62
Uji-F (BAP*TDZ)	**	**	**	**	**

Keterangan: **) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.01$; Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$; (MST) Minggu setelah tanam.

Tabel 2. Pengaruh interaksi konsentrasi kombinasi BAP dan TDZ terhadap jumlah akar

Interaksi perlakuan (mg L ⁻¹)	Jumlah akar				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol	1.7b	5.5b	10.5a	13.0a	14.3a
BAP 0.0 + TDZ 0.1	1.1bc	2.3cd	3.5bc	5.9b	10.5b
BAP 0.0 + TDZ 0.2	0.3cd	1.3de	2.2cd	2.7d	4.7c
BAP 1.0 + TDZ 0.0	3.9a	7.7a	10.1a	12.5a	15.1a
BAP 1.0 + TDZ 0.1	0.6cd	3.2c	4.7b	5.9b	7.7bc
BAP 1.0 + TDZ 0.2	0.4cd	1.5de	2.4cd	3.4cd	7.6bc
BAP 5.0 + TDZ 0.0	0.1d	0.8e	1.3d	2.8d	8.7b
BAP 5.0 + TDZ 0.1	0.7cd	1.8de	3.3bc	5.3bc	8.3b
BAP 5.0 + TDZ 0.2	1.1bc	1.6de	2.3cd	3.5cd	7.9b
Rata-rata total	1.1	1.2	4.5	6.1	9.4
Uji-F (BAP*TDZ)	**	**	**	**	**

Keterangan: **) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.01$; Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$ (MST) Minggu setelah tanam.

lainnya; pada umur 12 MST, konsentrasi BAP 5.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.1 mg L⁻¹ juga nyata lebih tinggi daripada taraf perlakuan lainnya (Tabel 3). BAP membantu mengatur pembelahan sel dan meningkatkan jumlah daun pada pertumbuhan daun anggrek Mokara (Widiaestoety, 2014).

Menurut Tilaar *et al.* (2015), penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian BAP dengan konsentrasi 1 mg L⁻¹ menghasilkan banyak daun, sementara konsentrasi BAP yang lebih rendah menghasilkan lebih banyak daun serunai. Penambahan variasi konsentrasi BAP ke media TDZ dengan konsentrasi 0.2 mg L⁻¹ meningkatkan jumlah daun, tetapi hasilnya tidak signifikan. Ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa tanaman temu putih yang diberi

TDZ 1.5 mg L⁻¹ menghasilkan lebih banyak daun daripada tanaman yang diberi sitokinin jenis BAP dengan konsentrasi 2 mg L⁻¹ (Murgayanti *et al.*, 2021).

Jumlah Tunas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memberikan respons jumlah tunas yang sama dengan taraf yang lebih tinggi pada umur 4 MST. Jumlah tunas BAP 0.0 + TDZ 0.1 mg L⁻¹ tidak berbeda nyata dari BAP 1.0 + TDZ 0.0 mg L⁻¹, BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.1 mg L⁻¹, dan BAP 5.0 mg L⁻¹ + TDZ 0.1 mg L⁻¹ pada umur 6 MST. Selain itu, jumlah tunas BAP 0.0 + TDZ 0.1 mg L⁻¹ pada umur 8 MST. Kecuali untuk taraf kontrol BAP 1.0 + TDZ 0.0 mg L⁻¹ dan BAP 5.0 + TDZ

Tabel 3. Pengaruh interaksi konsentrasi kombinasi BAP dan TDZ terhadap respon jumlah daun

Kombinasi perlakuan (mg L ⁻¹)	Jumlah daun				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol	0.5ab	4.0a	5.6ab	8.0b	13.0bc
BAP 0.0 + TDZ 0.1	0.2b	2.7bc	4.7bc	8.2b	19.4a
BAP 0.0 + TDZ 0.2	0.5ab	2.4bc	3.6cd	5.0c	9.5cd
BAP 1.0 + TDZ 0.0	1.1a	3.6ab	6.9a	10.5a	15.4ab
BAP 1.0 + TDZ 0.1	0.5ab	3.0abc	5.2b	7.4b	13.6bc
BAP 1.0 + TDZ 0.2	0.1b	2.3c	3.6cd	5.9bc	13.0bc
BAP 5.0 + TDZ 0.0	0.0b	0.7d	2.8d	3.9c	6.9d
BAP 5.0 + TDZ 0.1	1.0a	2.4bc	4.6bc	7.9b	15.7ab
BAP 5.0 + TDZ 0.2	0.6ab	2.8bc	4.3bcd	7.2b	14.4b
Rata-rata total	0.5	2.7	4.6	7.1	13.4
Uji-F (BAP*TDZ)	**	**	**	**	**

Keterangan: **) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.01$; Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$ MST (Minggu setelah tanam).

0.0 mg L⁻¹, nilai tengah jumlah tunas umumnya meningkat pesat dari minggu 8 hingga 12 MST. L⁻¹ dapat dilihat pada Tabel 4.

TDZ pada media meningkatkan produksi hormon dan pembelahan sel aktif, meningkatkan produksi tunas pisang (Jannah *et al.*, 2021). Antoniazzi *et al.* (2016) menyatakan bahwa TDZ memiliki sifat paling aktif dan memiliki kemampuan untuk menginduksi tunas lebih banyak daripada sitokinin lainnya pada beberapa jenis tanaman. Karena memiliki struktur kimia yang lebih stabil, TDZ dapat meningkatkan pertumbuhan tunas, menurut Dinani *et al.* (2018). TDZ juga memiliki kemampuan untuk mengaktifkan dan mempengaruhi biosintesis sitokinin endogen tipe purin. Ini menyebabkan respon ganda terhadap eksplan, yang meningkatkan jumlah tunas baru yang dihasilkan dibandingkan dengan media yang diperkaya dengan BAP (Dinani *et al.*, 2018).

Studi yang dilakukan menemukan bahwa konsentrasi 0.2 mg L⁻¹ TDZ dan 0-5 mg L⁻¹ BAP meningkatkan jumlah tunas tanaman jahe putih besar. Saefas *et al.* (2017) menemukan bahwa sitokinin endogen dan eksogen yang dibuat di akar teh dapat membantu pertumbuhan tunas. Dengan demikian, kemungkinan menghasilkan bibit akan meningkat jika jumlah tunas yang terbentuk meningkat. BAP adalah zat pengatur tumbuh yang termasuk dalam jenis sitokinin yang dapat membantu merangsang pembelahan sel. Dalam konsentrasi tertentu, BAP bersama dengan hormon lain dapat meningkatkan pertumbuhan tunas tanaman (Sariningtias *et al.*, 2014). Meskipun penambahan BAP dapat meningkatkan multiplikasi tunas, konsentrasi yang tinggi dapat menghambat pembentukan tunas baru. Ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Naz *et al.* (2009) yang menemukan bahwa penambahan konsentrasi BAP yang cukup tinggi pada

Curcuma longa menyebabkan jumlah tunas yang dihasilkan lebih sedikit. Selain itu, studi Sumon *et al.* (2019) menemukan bahwa konsentrasi BAP yang lebih tinggi dari 5 mg L⁻¹ dapat menurunkan tingkat pertumbuhan. Menurut Guo *et al.* (2011), jumlah tunas yang terbentuk terkait dengan kemungkinan menghasilkan bibit yang lebih banyak. Dengan kata lain, kinerja sitokinin endogen dan eksogen yang dibuat pada akar, tetapi juga dapat meningkatkan pertumbuhan tunas secara keseluruhan. (Guo *et al.*, 2011). Kemunculan tunas jahe putih besar in vitro pada umur 12 MST pada media yang diperkaya kombinasi BAP dan TDZ ditunjukkan pada Gambar 1.

Asosiasi antar Variabel Keragaman *In Vitro* Jahe Putih

Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah tunas berkorelasi negatif nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah akar, sehingga semakin banyak jumlah tunas cenderung menurunkan nilai variabel tersebut. Tinggi tanaman berkorelasi positif nyata terhadap jumlah akar dan jumlah daun. Jumlah akar berkorelasi positif nyata terhadap jumlah daun. Korelasi positif menandakan asosiasi yang searah sehingga semakin tinggi nilai pada karakter tersebut diikuti juga oleh karakter lain yang berasosiasi. Pada jumlah tunas memiliki asosiasi yang berlawanan terhadap banyak variabel uji dapat dilihat pada Tabel 5.

Keragaman *In Vitro* Jahe Putih Besar

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada akhir pengamatan in-vitro jahe putih besar, tinggi tanaman dan jumlah akar BAP 1.0 mg L⁻¹ + TDZ 0 tidak berbeda nyata terhadap kontrol; sebaliknya, kombinasi perlakuan BAP 0 + TDZ 0.1 mg L⁻¹ memberikan respons jumlah daun nyata yang lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Tabel 4. Pengaruh interaksi konsentrasi kombinasi BAP dan TDZ terhadap jumlah tunas

Interaksi perlakuan (mg L ⁻¹)	Jumlah tunas				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol	2.0ab	2.6bc	3.0c	3.2	3.8
BAP 0.0 + TDZ 0.1	1.9ab	3.4a	4.4a	6.1	9.7
BAP 0.0 + TDZ 0.2	1.6b	2.3c	3.2bc	5.6	8.8
BAP 1.0 + TDZ 0.0	2.3a	3.1ab	3.3bc	3.8	4.2
BAP 1.0 + TDZ 0.1	1.9ab	2.8abc	3.6bc	5.3	8.9
BAP 1.0 + TDZ 0.2	1.7ab	2.7bc	3.4bc	4.4	7.9
BAP 5.0 + TDZ 0.0	1.0c	1.7d	2.1d	2.2	3.4
BAP 5.0 + TDZ 0.1	1.8ab	3.0ab	3.9ab	5.6	8.9
BAP 5.0 + TDZ 0.2	1.9ab	2.6bc	3.1c	5.0	8.9
Rata-rata total	1.8	2.7	3.3	4.6	7.2
Uji-F (BAP*TDZ)	**	**	*	tn	tn

Keterangan: tn) Tidak berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.05$; **) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.01$; Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$ (MST) Minggu setelah tanam.

Tabel 5. Koefisien korelasi pearson antar variabel uji pada *in vitro* jahe putih besar 12 MST

	Tinggi tanaman	Jumlah akar	Jumlah daun	Jumlah tunas
Jumlah akar	0.634**			
Jumlah daun	0.308**	0.346**		
Jumlah tunas	-0.357**	-0.430**	0.170tn	
Tinggi tunas	0.849**	0.645**	0.165tn	-0.514**

Keterangan: tn) Tidak berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.05$; *) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.05$ $\alpha=0.01$, secara berturut-turut.



Gambar 1. Kemunculan kultur *in vitro* tunas jahe putih besar dalam medium yang diperkaya dengan kombinasi BAP dan TDZ pada umur 12 MST.

Tabel 6. Pengaruh interaksi konsentrasi kombinasi BAP dan TDZ terhadap keragaman *in vitro* jahe putih 12 MST

Kombinasi perlakuan (mg L ⁻¹)	Variabel pengamatan (12 MST)			
	TTn (cm)	JAk	JDn	Jtun
TDZ 0.1	5.25	10.5	19.4a	9.7
TDZ 0.2	2.82	4.7	9.5	8.8
BAP 1.0	7.02	15.1	15.4	4.2
BAP 1.0 + TDZ 0.1	4.42	7.7	13.6	8.9
BAP 1.0 + TDZ 0.2	3.43	7.6	13.0	7.9
BAP 5.0	3.20	8.7	6.9	3.4
BAP 5.0 + TDZ 0.1	4.73	8.3	15.7	8.9
BAP 5.0 + TDZ 0.2	3.22	7.9	14.4	8.9
Kontrol	7.52	14.3	13.0	3.8
Rata-rata total	4.62	9.4	13.4	7.2
LSD 0.05	0.61	2.9	3.9	1.7
Uji-F (BAP*TDZ)	**	**	**	tn
Koefisien keragaman (%)	14.85	34.52	32.74	26.53

Keterangan: tn) Tidak berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.05$; **) Berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0.01$; a) Nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol berdasarkan uji LSD pada taraf $\alpha=0.05$; TTn) Tinggi tanaman (cm); JAk) Jumlah akar; JDn) Jumlah daun; Jtun) Jumlah tunas; LSD) *Least Significant Different*; (MST) Minggu setelah tanam.

Interaksi antara perlakuan tidak memiliki efek yang nyata. Tidak ada perbedaan nilai tengah antara kombinasi perlakuan, karena BAP dengan TDZ digunakan pada akhir pengamatan jumlah tunas *in vitro* jahe putih (Tabel 6).

KESIMPULAN

Penelitian ini menjelaskan pengaruh BAP dan TDZ terhadap pertumbuhan dan perkembangan jahe putih besar (*Zingiber officinale*) secara *in vitro*. Temuan ini menyoroti bahwa BAP0 + TDZ 0.1 mg L⁻¹ secara signifikan meningkatkan jumlah tunas pada eksplan jahe putih besar, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi atau kombinasi dengan TDZ cenderung menghambat jumlah tunas. Jumlah tunas terbanyak dapat menghasilkan banyak bibit. Jumlah akar dan tinggi tanaman perlakuan terbaik adalah kontrol yang mendapatkan hasil terbaik. BAP 0 + TDZ 0.1 mg L⁻¹ meningkatkan jumlah daun, meskipun konsentrasi yang lebih tinggi atau kombinasi dengan TDZ tidak menunjukkan perbaikan yang signifikan. TDZ menstimulasi proliferasi tunas tetapi tidak secara signifikan mengungguli perlakuan tunggal karena kadar hormon endogen yang cukup pada tanaman jahe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada LPPM Universitas Pakuan atas dana yang diberikan. Kami juga berterima kasih kepada BB-Biogen (Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian) dan Pusat Riset Tanaman Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, J. A., J. Posangi, P.M. Womor, R.R. Bara. 2020. Uji Efek Daya Hambat Jamur Endofit Rimpang Jahe (*Zingiber officinale* Rosc) Terhadap Bakteri *Stapylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. J. Biomedik, 12 (2): 88-93. Doi: <https://doi.org/10.35790/jbm.12.2.2020.29163>
- Abed-Ashtiani, F. J. Kadir, A. Nasehi, S.R. Hashemian-Rahaghi, E. Golkhandan. 2016. Occurrence of leaf spot or blast on ginger (*Zingiber officinale*) caused by *Pyricularia zingiberi* in Malaysia. Plant. Dis. 100: 1505. Doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-16-0122-PDN>
- Antoniazzi, D., M.P. de-Souza-Ferrari, A.B. Nascimento, F.A. Silveira, L.A.S. Pio, M. Pasqual, and H.M. Magalhães. 2016. Growth regulators, DNA content and anatomy in vitro-cultivated *Curcuma longa* seedlings. Afric. J. Biotech. 15(32): 1711–1725. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15445>
- Aryanta, I.W.R. 2019. Manfaat Jahe Untuk Kesehatan. E-Jurnal Widya Kesehatan. 1(2): 40. Doi: <https://doi.org/10.32795/widyakesehatan.v1i2.463>
- Basri, Z. 2008. Multiplikasi empat varietas krisan melalui teknik kultur jaringan. J. Agroland. 15(4): 271–277.

- Dinani, E.T., M.R. Shukla, C.E. Turi, J.A. Sullivan, and P.K. Saxena. 2018. Thidiazuron: Modulator of Morphogenesis In Vitro. In: Ahmad N., Faisal M. (eds) Thidiazuron: From Urea Derivative to Plant Growth Regulator. Singapore: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8004-3_1
- Guo, B., B.H. Abbasi, A. Zeb, L.L. Xu, Y.H. Wei. 2011. Thidiazuron: Zat pengatur tumbuh multi-dimensi. Af. J. Bioteknologi. 10(45): 8984–9000.
- Hartati, S., A. Budiyono, O. Cahyono. 2016. Pengaruh NAA dan BAP terhadap Pertumbuhan Subkultur Anggrek Hasil Persilangan *Dendrobium biggibum* X *Dendrobium liniale*. Caraka Tani: J. Sustainable Agriculture. 31(1): 33-37. Doi: <https://doi.org/10.20961/carakatani.v31i1.11938>
- Jannah, N.R., M. Hidayat, Y. Hendri. 2021. Pengaruh Kombinasi BAP (Benzylamino Purin) dan TDZ (Thidiazuron) terhadap Pertumbuhan Tanaman Pisang Cavendish (*Musa acuminata cavendish*) melalui Kultur *In Vitro*. J. Ar-raniry. 30.
- Jayanudin, J., R. Rochmadi, M. Fahrurrozi, S.K. Wirawan. 2019. Peluang Oleoresin Jahe sebagai Sumber Bahan Baku Berkelanjutan untuk Obat-Obatan. J. Integrasi Proses. 8(2): 82-90. Doi: <https://doi.org/10.36055/jip.v8i2.6776>
- Macalalad, E.A., C.J.T. Robidillo, E.C. Marfori. 2016. Research Article: Influence of Different Cytokinins on the Growth, [6]-Gingerol Production and Antioxidant Activity of in vitro Multiple Shoot Culture of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Research J. of Medicinal Plant. 10 (2): 194-200. Doi: <https://doi.org/10.3923/rjmp.2016.194.200>.
- Maninggolang, A., J.S.P.M.W. Tilaar. 2018. Pengaruh BAP (Benzyl Amino Purine) Dan Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan Tunas Pucuk Dan Kandungan Sulforafan Brokoli (*Brassica Oleracea* L. Var. Italica Plenck) Secara *In-Vitro* Alfrida. Agri-Sosioekonomi Unsrat. 14(1): 439–450. Doi: <https://doi.org/10.35791/agsosek.14.1.2018.19730>
- Murgayanti, A.A. Putri, A. Nuraini. 2021. Multiplikasi Tunas Tanaman Temu Putih Pada Berbagai Jenis Karbohidrat dan Sitokinin Secara *In Vitro*. J. Kultivasi. 20 (3): 189-194. Doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.33296>
- Murashige, T., F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15(3). Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Naz, S., S. Ilyas, S. Javad, A. Ali. 2009. In vitro clonal multiplication and acclimatization of different varieties of turmeric (*Curcuma longa* L.). Pak. J. Bot. 41(6): 2807-2816.
- Saefas, S.A, S. Rosniawaty., Y. Maxyselly. 2017. Pengaruh Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Alami dan Sintetik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Teh (*Camellia sintensis* (L) O. Kuntze) Kloon GMB7 setelah centering. J. Kultivasi. 16(2): 368-372. Doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i2.12591>
- Sariningtias, N.W., R. Poerwanto, E. Gunawan. 2014. Penggunaan Benzil Amino Purin (BAP) pada okulasi jeruk keprok (*Citrus reticulata*). J. Hort. Indonesia. 5(3): 158-167. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.5.3.158-167>
- Sumon, M.N.R., T.A. Banu, S.R. Mollika, B. Goswami, M. Islam, S. Akter, R.A. Sharmin, M.S. Khan. 2019. In vitro Regeneration of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Plant Tissue Culture and Biotechnology.* 29(2): 151-159. Doi: <https://doi.org/10.3329/ptcb.v29i2.44504>.
- Tilaar, W., J. Rantung, S. Tulung. 2015. Shoot induction from nodul segments of the kulo, Chrysanthemum variety in cytokines enhanced murashige skoog growth media. J. Eugenia. 21(1): 94-104. Doi: <https://doi.org/10.35791/eug.21.2.2015.9713>
- Wardiyati, I.D.P.T. 2018. Pengaruh Pemberian Thidiazuron (Tdz) Terhadap Pertumbuhan Tunas Nanas (*Ananas Comosus* (L.) Merr.) Cv. ‘Smooth Cayyene’ Asal Mahkota Buah The. J. Produksi Tanaman. 6(1): 9–15.
- Widiastoety, D. 2014. Pengaruh Auksin dan Sitokinin Terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek Mokara. J. Hort. 24(3): 230-238. Doi: <https://doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p230-238>.
- Yulizar, D.M., Z.A. Noli, M. Idris. 2014. Induksi tunas kunyit putih (*Curcuma zedoaria* Roscoe) pada media MS dengan penambahan berbagai konsentrasi BAP dan sukrosa secara in vitro. J. Bio. UA. 3(4): 310-316.
- Zahid, N.A., H.Z.E. Jaafar, M. Hakimian. 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: 630. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants10040630>