

PERAN THIDIAZURON DALAM PENINGKATAN KEMAMPUAN PROLIFERASI TANAMAN SECARA *IN VITRO*

Role of Thidiazuron in Enhancing In Vitro Shoot Proliferation

Endang Gati Lestari

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian
Jalan Tentara Pelajar No. 3A, Bogor 16111, Indonesia
Telp. (0251) 8337975, 8339793, Faks. (0251) 8338820
E-mail: lestarigati@gmail.com; bb_biogen@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 10 November 2014; Direvisi: 9 Maret 2015; Disetujui: 10 April 2015

ABSTRAK

Kultur jaringan tanaman merupakan teknik menumbuhkan organ jaringan ataupun sel tanaman pada media kultur dalam kondisi aseptik. Keberhasilan pembentukan tunas dalam kultur jaringan bergantung pada berbagai faktor, antara lain media tumbuh, jenis dan kondisi fisiologis eksplan, serta zat pengatur tumbuh yang digunakan. Proliferasi tunas pada tanaman berkayu biasanya sangat lambat, sedangkan aplikasi zat pengatur tumbuh sitokinin dari golongan benzil adenin dan kinetin belum dapat memacu pembentukan tunas secara optimal. Penemuan senyawa baru thidiazuron pada tahun 1976 dapat mengatasi proliferasi tunas pada berbagai tanaman, khususnya tanaman berkayu. Thidiazuron merupakan senyawa kimia yang mempunyai aktivitas hampir sama dengan sitokinin, yaitu dapat meningkatkan proliferasi tunas dan pembentukan embrio somatik. Thidiazuron mempunyai aktivitas tinggi pada konsentrasi rendah, yaitu sekitar 0,1–0,5 mg/l. Pemanfaatan thidiazuron dalam penelitian kultur jaringan terus meningkat yang dapat dilihat dari jumlah publikasi yang diterbitkan. Data ISI Web Science menunjukkan bahwa pada tahun 1992 terdapat 45 hasil penelitian tentang thidiazuron, tahun 2005 sebanyak 80 publikasi, dan tahun 2009 meningkat menjadi 100 publikasi.

Kata kunci: Thidiazuron, kultur *in vitro*, zat pengatur tumbuh, mikropropagasi

fact, thidiazuron has a high activity at low concentration of about 0.1 to 0.5 mg/l. The data from ISI Web Science show that there were 45 publications concerning thidiazuron in 1992, 80 publications in 2005; and these increased to 100 research publications in 2009.

Keywords: Thidiazuron, *in vitro* culture, plant growth regulator, micropropagation

PENDAHULUAN

Dalam teknik kultur jaringan, pertumbuhan dan perkembangan eksplan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kondisi fisiologis eksplan, konsentrasi dan jenis zat pengatur tumbuh, jenis media dasar, serta kondisi lingkungan tumbuh. Eksplan yang digunakan merupakan bagian tanaman yang dapat berupa organ, jaringan, dan sel. Media MS (Murashige dan Skoog) merupakan media yang umum digunakan untuk perbanyakan sejumlah besar spesies tanaman (Gamborg *et al.* 1976).

Eksplan yang berukuran besar seperti tunas aksilar atau batang mempunyai peluang lebih tinggi untuk menghasilkan tunas baru dibandingkan dengan eksplan yang ukurannya lebih kecil seperti meristem, sel, dan protoplas. Demikian pula keberhasilan pembentukan tunas pada tanaman herba lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tahunan. Kecepatan proliferasi tunas selain dipengaruhi oleh konsentrasi hara makro dan mikro dalam media dasar, juga ditentukan oleh zat pengatur tumbuh sitokinin dan auksin. Kombinasi media dasar dan zat pengatur tumbuh yang tepat akan meningkatkan aktivitas pembelahan sel dalam proses morfogenesis dan organogenesis sehingga dapat menghasilkan biakan dalam jumlah besar (Lestari 2011).

Zat pengatur tumbuh sitokinin benzil adenin (BA) atau kinetin paling banyak digunakan untuk memacu proliferasi tunas pada berbagai tanaman. Namun pada tanaman berkayu, keberhasilan proliferasi tunas masih rendah. Oleh karena itu, penelitian untuk mendapatkan formulasi media yang tepat masih terus dilakukan.

ABSTRACT

Plant tissue culture is a modern technique for growing plant cells, tissues or organs under sterile condition on a nutrient culture medium. The success of shoot formation in tissue culture depends on various factors such as growing medium, type and physiological condition of explant, basic media, and use of growth regulators. Generally, shoots in woody plants are slowly proliferated, while application of growth regulator cytokinin, such as benzyl adenine and kinetin rarely induces optimum shoot formation. Fortunately, the 1976 invention of thidiazuron effectively overcame the problem of shoot proliferation of woody plant growth. As chemical compound, thidiazuron has closely similar activity as that of cytokinin in the way that it enhances shoot proliferation, in addition to its ability to increase formation of somatic embryos. In

Penemuan senyawa baru yang dikenal dengan nama thidiazuron (TDZ) membuka peluang bagi keberhasilan pembentukan tunas dalam kultur *in vitro*. Thidiazuron merupakan senyawa yang mempunyai aktivitas hampir sama dengan sitokinin dan auksin (Nielsen *et al.* 1993). Pemberian TDZ dalam perlakuan tunggal maupun bersama-sama dengan sitokinin atau auksin terbukti dapat meningkatkan kemampuan proliferasi tunas (Huetteman dan Preece 1993). Kemampuan proliferasi tunas merupakan kunci keberhasilan dalam kultur *in vitro* untuk tujuan penyediaan bibit, transformasi genetik, fusi protoplas, penyimpanan plasma nutfah maupun produksi metabolit sekunder (Alatar 2015).

Keberhasilan mikropropagasi pada beberapa tanaman berkayu seperti cengkih, jambu mete, jambu bol, dan sukun sangat rendah karena daya meristematisnya sangat lambat. Untuk mengatasi lambatnya proliferasi tunas dapat digunakan formula media yang biasa untuk proliferasi tanaman berkayu, antara lain DKW (Driver dan Kuniyuki 1984) dan WPM (*Woody Plant Medium*) serta zat pengatur tumbuh TDZ yang dikombinasikan dengan sitokinin dan auksin (Malik dan Saxena 1992).

Pembentukan tunas adventif pada beberapa tanaman berkayu dengan menggunakan TDZ disajikan pada Tabel 1. Pada tanaman manggis (*Garcinia mangostana* L.), penambahan TDZ 0,2 mg/l pada media yang mengandung BA 16 mg/l dapat meningkatkan jumlah tunas dari 30,2 menjadi 52 tunas (Lestari *et al.* 2013).

Tujuan penulisan ini ialah untuk memberikan informasi tentang manfaat dan aplikasi thidiazuron dalam meningkatkan kemampuan proliferasi tunas dalam kultur *in vitro*.

MANFAAT KULTUR *IN VITRO*

Teknik kultur *in vitro* telah dimanfaatkan dan memberi keuntungan dalam pengadaan benih secara massal pada berbagai jenis tanaman. Teknik kultur jaringan dapat diaplikasikan untuk perbanyakan, perbaikan genetik, dan penyimpanan plasma nutfah (Lestari 2008; Alatar 2015). Perbanyakan tanaman dapat dilakukan melalui jalur organogenesis dan embriogenesis. Kedua jalur tersebut memerlukan sistem regenerasi yang optimal sehingga diperlukan studi tentang komposisi media serta jenis eksplan yang sesuai. Bidang kajian yang diteliti di antaranya ialah komposisi media karena media memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap benih yang dihasilkan (Daisy *et al.* 1994). Ada beberapa teknik kultur *in vitro* yang dapat diaplikasikan untuk tujuan khusus, antara lain kultur meristem untuk mendapatkan tanaman bebas virus, kultur anthera untuk memperoleh tanaman haploid ganda, kultur suspensi untuk perbanyakan tanaman melalui jalur embriogenesis somatik dan untuk memproduksi metabolit sekunder, serta transformasi genetik untuk transfer gen yang membawa sifat unggul.

Tabel 1. Pembentukan tunas adventif pada beberapa tanaman dengan pemberian thidiazuron.

Spesies	Eksplan	Media dasar	Zat pengatur tumbuh	Referensi
Kiwi (<i>Actinidia arguta</i>)	Daun	MS modifikasi	TDZ 1,1–9,9 mg/l	Seelye dan Butcher (1991)
Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>)	Daun	MS modifikasi	TDZ 0,22–9,9 mg/l	Seelye dan Butcher (1991)
Hackberry (<i>Celtis occidentalis</i>)	Tunas pucuk	MS modifikasi	TDZ 0,011–0,022 mg/l	Meyer dan Kernesh (1986)
Melon (<i>Cucumis melo</i>)	Kotiledon	MS modifikasi	TDZ 0,22–6,6 mg/l	Niedz <i>et al.</i> (1989)
Quince (<i>Cydonia oblonga</i>)	Daun	MS-N6	TDZ 7 mg/l + NAA 0,06 mg/l	Dolcet-Sanjuan <i>et al.</i> (1991)
Ash (<i>Fraxinas excelsior</i>)	Hipokotil	MS modifikasi	TDZ 0,001–5 mg/l	Tabrett dan Hammatt (1992)
Ixia (<i>Ixia flexuosa</i>)	Umbi	MS modifikasi	TDZ 1,0 mg/l	Meyer dan van Staden (1998)
Lonicera nitida Wils cv Maigrun	Daun	MS modifikasi	TDZ 0,5–2 mg/l	Cambededes <i>et al.</i> (1991)
Apel (<i>Malus domestica</i>)	Daun	N6	TDZ 2,2 mg/l + NAA 1 mg/l	Sriskandarajah <i>et al.</i> (1990)
Geranium (<i>Pelargonium hortorum</i>)	Bibit	MS	TDZ 0,22–2,2 mg/l	Qureshi dan Saxena (1992)
Kacang buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Bunga	MS atau B5	TDZ 0,5–1 mg/l + TDZ 0,12–1 mg/l	Mohamed <i>et al.</i> (1991)
Pinus (<i>Picea glauca</i>)	Embrio/epikotil	WPM	TDZ 0,0022–0,022 mg/l	Ellis <i>et al.</i> (1991)
Persik (<i>Prunus persica</i>)	Kotiledon	MS	TDZ 1,1–2,7 mg/l + IBA 0,5 mg/l	Mante <i>et al.</i> (1989)
Persik (<i>Prunus persica</i>)	Kotiledon	MS	TDZ 1,6 mg/l + IBA 0,5 mg/l	Mante <i>et al.</i> (1991)
Pinus (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Kotiledon	SH	TDZ 22–176 mg/l	Goldfarb <i>et al.</i> (1991)
Pear (<i>Pyrus communis</i>)	Daun	½ MS	TDZ 0,66 mg/l + IBA 0,5 mg/l	Chevreau <i>et al.</i> (1989)
Rhododendron	Daun	Anderson	TDZ 0,022–2,2 mg/l + IBA 0,2 mg/l	Preece dan Imel (1991)
Black berry (<i>Rubus</i>)	Kotiledon	MS modifikasi	TDZ 1,1–2,2 mg/l	Fiola <i>et al.</i> (1990)
Ulmus americanus	Daun	MS modifikasi	TDZ 0,022 mg/l	Bolyard <i>et al.</i> (1991)

Sumber: Lu (1993).

Semua teknik tersebut memerlukan penelitian untuk mendapatkan sistem regenerasi yang optimal (Sajid dan Aftab 2009; Alatar 2015).

Keberhasilan proliferasi tunas dalam kultur jaringan dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis media dasar, genotipe eksplan, kondisi lingkungan kultur, dan zat pengatur tumbuh. Untuk mendapatkan kemampuan proliferasi tunas yang optimum, penggunaan media dasar dan zat pengatur tumbuh yang tepat merupakan faktor penting (Purnamaningsih dan Lestari 1998) karena dapat meningkatkan aktivitas pembelahan sel serta pertumbuhan dan perkembangan sel dalam proses morfogenesis dan organogenesis (Lestari 2011).

ZAT PENGATUR TUMBUH TANAMAN

Zat pengatur tumbuh pada kultur *in vitro* digunakan dalam konsentrasi rendah, tetapi sangat besar pengaruhnya terhadap keberhasilan regenerasi eksplan tanaman (Davies 1995). Zat pengatur tumbuh dapat dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu sitokinin, auksin, giberelin, dan inhibitor. Zat pengatur tumbuh yang termasuk golongan sitokinin antara lain adalah BA (benzil adenin), kinetin (furfuril amino purin), 2-iP, dan zeatin. Peran sitokinin antara lain adalah bersama-sama dengan auksin menstimulasi sel dalam organogenesis maupun pembentukan embrio somatik (Lestari 2011). Yang termasuk zat pengatur tumbuh alami adalah IBA (*indole butiric acid*), giberelin, zeatin, *abscisic acid* (ABA), dan etilen (Minocha 1987).

Zat pengatur tumbuh yang masuk dalam golongan auksin antara lain adalah IAA (*indole acetic acid*), IBA (*indole butiric acid*), NAA (*naphthalene acetic acid*), dan 2,4-D (*dichloro phenoxy acetic acid*). Auksin berperan antara lain dalam pembentukan akar dan induksi kalus (Pierik 1987). Giberelin terdiri atas GA_1 , GA_2 , GA_3 , dan GA_4 . Zat pengatur tumbuh yang tergolong inhibitor antara lain ABA dan senyawa fenol (Daisy *et al.* 1994).

Pada teknik kultur *in vitro* tanaman, sitokinin dapat digunakan secara tunggal atau dikombinasikan dengan auksin, bergantung pada bahan tanaman yang digunakan dan tujuan yang ingin dicapai. Zat pengatur tumbuh BA paling banyak digunakan untuk proliferasi tunas berbagai eksplan, antara lain tunas pucuk, meristem, embrio zigotik, daun, dan kalus karena aktivitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan sitokinin lainnya (Lestari 2011). Namun, pada tanaman tertentu seperti tanaman berkayu, penggunaan BA dan kinetin belum memberikan hasil yang optimal (Huetteman dan Preece 1993).

THIDIAZURON

Thidiazuron (N-phenyl-N-1,2,3-thiadiazol-5-ylurea) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1976 oleh Schering

AG dari Berlin, Jerman. Senyawa ini digunakan sebagai bahan untuk perontok daun pada tanaman kapas (Arndt *et al.* 1976). TDZ menginduksi pembentukan senyawa absisik dalam daun dan memacu pembentukan etilen endogen (Suttle 1985).

Thidiazuron mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh zat pengatur tumbuh lain, yaitu efektif bila digunakan pada konsentrasi rendah $\leq 1 \mu\text{M}$ (Huetteman dan Preece 1993; Mithila *et al.* 2003). Konsentrasi TDZ yang lebih rendah dibandingkan dengan sitokinin dapat lebih aktif menstimulasi proliferasi tunas aksilar tanaman berkayu (Huetteman dan Preece 1993). Youmbi *et al.* (2006) dan Guo *et al.* (2011) menyatakan bahwa TDZ merupakan molekul baru yang memiliki aktivitas lebih tinggi dibanding sitokinin. Mok *et al.* (1987) juga menyatakan bahwa TDZ bersifat stabil dan lebih aktif apabila diberikan dalam konsentrasi rendah dibanding sitokinin. TDZ konsentrasi tinggi, yaitu $1\text{--}50 \mu\text{M}$, dapat menstimulasi pembentukan kalus pada beberapa tanaman (Lee 2005).

Murthy *et al.* (1998) menyatakan bahwa penggunaan TDZ pada konsentrasi rendah, sekitar $0\text{--}0,5 \text{ mg/l}$, dapat memacu tunas aksilar, sedangkan pada konsentrasi tinggi $\geq 0,5 \text{ mg/l}$ dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan sehingga menurunkan kemampuan regenerasi tunas. Hasil yang sama dilaporkan oleh Mithila *et al.* (2003) bahwa eksplan *African violet* yang dikulturkan dalam TDZ konsentrasi rendah dapat membentuk organ, sedangkan dalam konsentrasi tinggi ($5\text{--}10 \mu\text{M}$) menghasilkan embrio somatik.

Thidiazuron dapat diberikan secara tunggal atau dikombinasikan dengan zat pengatur tumbuh lain, seperti sitokinin dan auksin. Proliferasi dan pemanjangan tunas pada kultur *in vitro Robinia pseudoacacia* L., *Sorbus aucuparia* L., dan *Tilia cordata* Mill meningkat setelah BA, IBA atau NAA ditambahkan pada media yang mengandung TDZ (Chalupa 1987). Penambahan TDZ pada media yang mengandung sitokinin dapat mempercepat pembelahan sel kalus kedelai (Thomas dan Katterman 1986; Hutchinson *et al.* 2010). Penambahan TDZ ke dalam media yang mengandung BA juga dapat meningkatkan proliferasi tunas aksilar *Acer x Fremanii* (Kern dan Meyer 1986) dan tanaman *Vitis rotundifolia* Miclix (Sudarsono dan Goldy 1991). Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa TDZ yang dikombinasikan dengan zat pengatur tumbuh lain hasilnya lebih baik dibanding diberikan secara tunggal (Huetteman dan Preece 1993).

Youmbi *et al.* (2006) melaporkan bahwa penggunaan TDZ $0,5\text{--}2 \text{ mg/l}$ yang dikombinasikan dengan BA 2 mg/l dalam perbanyakan tanaman pisang dapat meningkatkan laju multiplikasi tunas. Kemampuan proliferasi tunas bergantung pada kultivar dan konsentrasi yang diberikan. Serangsam dan Kanchanapoom (2003) berhasil meregenerasikan tunas dari kalus pisang triploid Topala (AAB), Fougamou (ABB), Gros-Michel (AAA), dan Dwarf-Kalapua (ABB) dengan menggunakan TDZ,

sedangkan pada perlakuan BA 2 mg/l, proliferasi tunasnya sangat rendah.

Mekanisme TDZ dalam meningkatkan kerja sitokinin tidak sepenuhnya diketahui, diduga TDZ mampu memacu perubahan ribonukleotida yang tidak aktif menjadi ribonukleotida yang aktif (Capelle *et al.* 1983). Thomas dan Katterman (1986) serta Sajid dan Aftab (2009) menduga bahwa TDZ mempunyai kemampuan memacu sintesis sitokinin endogen atau menghambat perombakan sitokinin. Murthy *et al.* (1998) menyatakan bahwa aktivitas TDZ berhubungan erat dengan metabolisme purin sebagai rantai dasar sitokinin dan auksin.

George dan Sherington (1984) melaporkan TDZ banyak digunakan dalam kultur *in vitro* karena mempunyai aktivitas menyerupai sitokinin dan mampu menginduksi proses pembelahan sel meristem untuk membentuk primordial tunas. Senyawa organik tersebut merupakan derivat urea yang tidak mengandung rantai purin seperti yang dimiliki oleh sitokinin (Gambar 1).

Selain dapat memacu pembelahan sel, TDZ juga menstimulasi pembentukan tunas adventif kultur daun tembakau dan kultur kotiledon tanaman lobak (Thomas dan Katterman 1986). Pada tahun 1988, TDZ mulai digunakan untuk pembentukan tunas adventif beberapa spesies tanaman, khususnya tanaman berkayu (Huettman dan Preece 1993; Lu 1993) (Tabel 1). Contoh berikut menunjukkan peran TDZ dalam memacu pembentukan tunas. Eksplan tangkai bunga mawar yang diregenerasikan pada media dengan perlakuan BA 0,2–5 mg/l + NAA dan tanpa NAA tidak mampu membentuk tunas, tetapi dengan penambahan TDZ 1–7,5 mg/l + NAA 0,5 mg/l dapat menghasilkan tunas dalam jumlah banyak

(Rostami *et al.* 2013). Pada tanaman jelai, TDZ dapat memacu pembentukan tunas dari kalus kultivar HOR 7231 dan HOR 3272 (Rostami *et al.* 2013). Murthy *et al.* (1996) menyatakan bahwa aktivitas TDZ dalam regenerasi tanaman kacang arab (*Cicer arietinum* L.) lebih tinggi dibandingkan dengan BAP. Pada beberapa penelitian kultur *in vitro* tanaman kacang-kacangan, TDZ dapat mensubstitusi BA (Malik dan Saxena 1992). Victor *et al.* (1999) dan Gairi dan Rashid (2004) juga melaporkan bahwa TDZ memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan BA pada regenerasi kacang tanah.

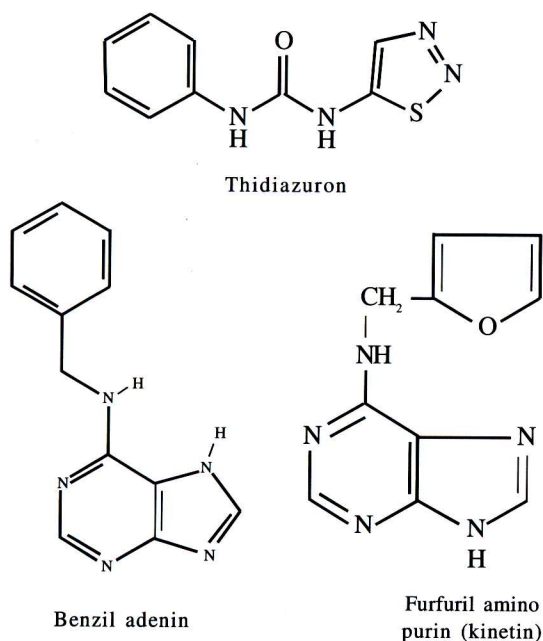
Eksplan yang biasa digunakan pada tanaman berkayu umumnya berupa kotiledon, baik dari biji masak maupun biji muda. Pada tanaman *White ash* (Bates *et al.* 1992), penggunaan TDZ 10 μ M dapat menginduksi pembentukan tunas adventif. Pada tanaman *Rubus* sp. dapat menggunakan TDZ 5 μ M (Fiola *et al.* 1990). Selain kotiledon, daun juga dapat digunakan sebagai eksplan untuk pembentukan tunas adventif dalam transformasi genetik, contoh penggunaan TDZ 0,1–20 μ M (Elbeidry dan Korban 1988; Fasolo *et al.* 1989) pada tanaman *Malus domestica*, *Pyrus* sp. (Chevreau *et al.* 1989), dan *Rhododendron* (Imel dan Preece 1988; Preece dan Imel 1991).

Selain memacu pembentukan tunas adventif, TDZ juga berperan dalam pembentukan tunas aksilar melalui proses embriogenesis pada tanaman dikotil (Vila *et al.* 2003), dan menginisiasi pembentukan jaringan embriogenik dan embrio zigotik muda (Norgaard dan Krogstrup 1991; Murthy *et al.* 1998) (Tabel 2). Peran fisiologis TDZ selain sebagai pemacu dalam pembentukan organ (Gairi dan Rashid 2004; Matand dan Prakash 2007) ialah dapat memecahkan dormansi pada biji, memacu pemasakan kotiledon, serta membentuk trikoma dan stomata pada bunga anggur (Lin *et al.* 1994).

TDZ digunakan secara luas untuk kultur *in vitro* maupun *in vivo* (Guo *et al.* 2011). Pemanfaatan thidiazuron dalam kultur *in vitro* terus meningkat, yang dapat dilihat dari peningkatan jumlah publikasi dari tahun ke tahun. Pada tahun 1992 hanya ada 45 publikasi, tahun 2005 bertambah menjadi 80 publikasi, dan pada tahun 2009 meningkat menjadi 100 publikasi (Guo *et al.* 2011).

PERAN THIDIAZURON

Thidiazuron (N-phenyl-N-1,2,3-thiadiazol-5-ylurea) mempunyai peran yang penting antara lain untuk memecahkan dormansi dan memacu proliferasi tunas aksilar pada beberapa tanaman tahunan, sebagai contoh memacu pembentukan tunas baru pada *Phaseolus vulgaris* L. (Malik dan Saxena 1992). Selain pada tanaman berkayu, TDZ juga menunjukkan aktivitas yang tinggi pada tanaman dari golongan *Hordeum vulgare* (Ganeshan *et al.* 2003), *Oryza sativa* (Gairi dan Rashid (2004), dan *Hyoscyamus niger* (Uranbey 2005). Gairi dan Rashid (2004) melaporkan bahwa TDZ mempunyai



Gambar 1. Perbedaan antara senyawa thidiazuron, zat pengatur tumbuh BA dan kinetin (furfuril amino purin).

Tabel 2. Penggunaan thidiazuron untuk pembentukan embrio somatik.

Tanaman	Eksplan	Media	Referensi
White ash (<i>Fraxinus americana</i>)	Biji masak	2,4 D 10 μ M + TDZ 0,1 dan TDZ 1,0 μ M disubkultur ke benzil adenin 0,05 μ M + NAA 0,5 μ M	Bates <i>et al.</i> (1992)
Kakao (<i>Theobroma cacao</i>)	Bunga jantan	TDZ 22,7 μ M	Li <i>et al.</i> (1998)
African violet (<i>Saintpaulia ionantha</i>)	Daun	TDZ 2,5–10 μ M	Mithila <i>et al.</i> (2003)
Pelargonium	Hipokotil	TDZ 0,2–10,0 μ M	Visser <i>et al.</i> (1992)
Kacang tanah (<i>Arachis hypogaea</i>)	Bibit muda	TDZ 0,5–10 μ M	Murthy <i>et al.</i> (1995)
Kacang tanah (<i>Arachis hypogaea</i>)	Kotiledon hipokotil	TDZ 10 μ M	Saxena <i>et al.</i> (1992)
<i>Cicer acietivum</i>	Biji masak	TDZ 10 μ M + prolin	Murthy <i>et al.</i> (1996)
Manchurian ash (<i>Fraxinus mandshurica</i>)	Kotiledon	½ MS + NAA 5,4 μ M dan TDZ 0,2 μ M	Kong <i>et al.</i> (2012)

Sumber: (Lu 1993).

kemampuan lebih baik dibandingkan BA dalam pembentukan tunas tanaman kacang tanah. Singh dan Dwivedi (2014) yang menanam pada media kultur *Stevia rebaudiana* Bertoni pada media MS + BA 0,2 mg/l menghasilkan tunas $2,25 \pm 0,25$ buah, dan meningkat menjadi $11 \pm 0,40$ dengan menambahkan TDZ 0,01 mg/l. Pembentukan tunas adventif pada beberapa tanaman dengan menggunakan TDZ dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembentukan kalus tanaman anggur (Lin *et al.* 1989), penyelamatan embrio pada *Ilex* (Mattis *et al.* 1995), dan pembentukan umbi pada bawang putih (Mohamed-Yasseen *et al.* 1991) merupakan contoh sukses penggunaan TDZ dalam memodifikasi membran sel, menjadikan energi, menyerap nutrisi, dan asimilasi nutrien yang lebih efektif.

Penggunaan TDZ untuk percobaan kultur *in vitro* terus berkembang pada berbagai jenis tanaman. Syahid dan Kristina (2008) menggunakan TDZ untuk meningkatkan proliferasi tunas tanaman daun encok (*Plumbago zeylanica* L.). Penambahan TDZ 0,01–0,15 mg/l pada media yang mengandung BA 0,1 mg/l meningkatkan pembentukan tunas dibanding tanpa TDZ. Hasil penelitian Yelnitis *et al.* (2000) pada kultur jaringan tanaman tapak dara (*Chatarantus roseus*) menunjukkan bahwa penggunaan TDZ 0,1 mg/l ditambah BA 0,5 mg/l nyata meningkatkan multiplikasi tunas. Yelnitis (1996) memperoleh hasil yang sama pada kultur *in vitro* tanaman daun encok, yaitu multiplikasi tunas tertinggi diperoleh dari perlakuan BA dan TDZ. Pada tanaman hias azalea, aplikasi TDZ meningkatkan proses proliferasi tunas. Penelitian Kasutjjaningati *et al.* (2011) pada multiplikasi pisang menunjukkan bahwa penambahan TDZ 0,09 mg/l pada media yang mengandung BA 2 mg/l dan NAA 3 mg/l mampu memacu pertumbuhan tunas aksilar eksplan pisang raja bulu menjadi satu bulan lebih cepat dibanding eksplan yang dikulturkan pada media tanpa TDZ. Selain mempercepat pemunculan tunas aksilar eksplan, penambahan TDZ pada media juga mampu meningkatkan

jumlah tunas. Demikian pula hasil penelitian Arinaitwe *et al.* (2000), penggunaan TDZ pada kultur *in vitro* pisang kultivar Kibuzi (AAA), Bwara (AAA), dan Adisiwemiti (ABB) dapat meningkatkan laju proliferasi tunas dibandingkan hanya perlakuan BA.

KESIMPULAN

Mikropropagasi pada tanaman berkayu umumnya sangat lambat karena daya meristematisnya rendah. Penggunaan thidiazuron dapat meningkatkan kemampuan aktivitas pembelahan sel dalam proses organogenesis dan morfogenesis dalam pembentukan tunas. Pemberian thidiazuron secara tunggal maupun dikombinasikan dengan sitokinin dapat menghasilkan tunas ganda pada berbagai tanaman, termasuk tanaman berkayu. Penggunaan thidiazuron konsentrasi rendah ($\leq 0,5$ mg/l) lebih efektif dalam memacu proliferasi tunas dibanding konsentrasi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatar, A.A. 2015. Thidiazuron induced efficient *in vitro* multiplication and *ex vitro* conservation of *Rauvolfia serpentina* –potent antihypertensive drug producing plant. Biotechnology and Biotechnological Equipment 29(3): 489–497.
- Arinaitwe, G., P.R. Rubaihayo, and M.J.S. Magambo. 2000. Proliferation rate effects of cytokinins on banana (*Musa* spp.) cultivars. Sci. Hort. 86(1): 13–21.
- Arndt, F., R. Rusch, and H.V. Stilfried. 1976. A new cotton defoliant. Plant Physiol. 57: 599 (Abstr.).
- Bates, S., J.E. Preece, N.E. Navarrete, J.W. van Sambeek, and G.R. Gaffney. 1992. Thidiazuron stimulates shoot organogenesis and somatic embryogenesis in white ash (*Fraxinus americana* L.). Plant Cell Tiss. Org. Cult. 31: 21–29.

- Bolyard, M.G., C. Srinivasan, J. Cheng, and M. Sticklen. 1991. Shoot regeneration from leaf explants of American and Chinese elm. *Hort Science* 26(12): 1554-1555.
- Cambededes, J., M. Duron, and L. Decourtye. 1991. Adventitious bud regeneration from leaf explants of the shrubby ornamental honeysuckle, *Lonicera nitida* Wils. cv. 'Maigrun': Effects of thidiazuron and 2,3,5-triiodobenzoic acid. *Plant Cell Rep.* 10(9): 471-474.
- Capelle, S.C., D.W.S. Mok, S.C. Kirchner, and M.C. Mok. 1983. Effect of thidiazuron on cytokinin autonomy and the metabolism of N⁶-(A³-isopentenyl 8-14C) adenosine in callus tissue of *Phaseolus lunatus* L. *Plant Physiol.* 73(3): 796-802.
- Chalupa, V. 1987. Effect of benzylaminopurine and thidiazuron on *in vitro* shoot proliferation of *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L. and *Robinia pseudoacacia* L. *Biol. Plant (Praha)* 29: 425-429.
- Chevreau, E., R.M. Skirvin., H.A. Abu-Qaoud, S.S. Korban and J.G. Sullivan. 1989. Adventitious shoot regeneration from leaf tissue of three pear (*Pyrus* sp.) cultivars *in vitro*. *Plant Cell Rep.* 7: 688-691.
- Daisy, P., S. Hendaryono, dan A. Wijayano. 1994. Teknik Kultur Jaringan. Kanisius, Yogyakarta. 134 hlm.
- Davies, P.J. 1995. The plant hormones: their nature, occurrence and functions. in *Plant hormones physiology, biochemistry and molecular biology*. (Ed.) Davies PJ (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands). pp. 1-12.
- Dolcet-Sanjuan, R., D.W.S. Mok, and M.C. Mok. 1991. Plantlet regeneration from cultured leaves of *Cydonia oblonga* L. (quince). *Plant Cell Rep.* 10: 240-242.
- Driver, J.A. and A.H. Kuniyuki. 1984. *In vitro* propagation paradox walnut roostocks. *Hort Science* 18: 506-509.
- Ellis, D.D., H. Barczynska, and B.H. McCown. 1991. A comparison of BA, zeatin and thidiazuron for adventitious bud formation from *Picea glauca* embryos and epicotyl explants. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 27: 281-287.
- Elobeidy, A. and S.S. Korban. 1988. The effect of thidiazuron on shoot regeneration from apple leaf discs. *Hort Science* 23: 755 (Abstr).
- Fasolo, F., R.H. Zimmerman, and I. Fordham. 1989. Adventitious shoot formation on excised leaves of *in vitro* grown shoots of apple cultivars. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 16: 75-87 Cross Ref.
- Fiola, J.A., M.A. Hassan, H.J. Swartz, R.H. Bors, and R. McNicols. 1990. Effect of thidiazuron, light fluence rates and kanamycin on *in vitro* shoot organogenesis from excised *Rubus* cotyledons and leaves. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 20: 223-228.
- Gairi, A. and A. Rashid. 2004. TDZ induced somatic embryogenic in non-responsive caryopsis of rice using shoot treatment with 2,4-D. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 76: 29-33.
- Gamborg, O.L., T. Murashige, T.A. Thorpe, and I.K. Vasil. 1976. Plant tissue culture media. *In vitro* 12(7): 473-378.
- Ganeshan, S., M. Baga, B.L. Harvey, B.G. Rossnagel, G.J. Scoles, and R.N. Chibbar. 2003. Production of multiple shoot from thidiazuron-treated mature embryos and leaf-base/apical meristem of barley (*Hordeum vulgare*). *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 73: 57-64.
- George, E.F. and P.D. Sherington. 1984. Plant propagation by tissue culture. Handbook and Directory of Commercial Laboratories. Exegetics Lim., England. 709 pp.
- Goldfarb, B., G.T. Howe, and L.M. Bailey. 1991. A liquid cytokinin pulse induces adventitious shoot formation from Douglas-fir cotyledons. *Plant Cell Rep.* 10: 156-160.
- Guo, B., B.H. Abbasi, A. Zeb, L.L. Xu, and Y. Wei. 2011. Thidiazuron: a multi-dimensional plant growth regulator. *Afr. J. Biotechnol.* 10(45): 8984-9000.
- Huettelman, C.A. and J.E. Preece. 1993. Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 33: 105-119.
- Hutchinson, M.J., R. Onanu, L. Kipkosgei, and S.D. Obukosia. 2010. Effect of thidiazuron, NAA and BAP on *in vitro* propagation of *Alstromeria aurantiaca* cv. "ROSITA" from shoot tip explants. *JAGSI* 12(2): 61-69.
- Imel, M.R. and J.E. Preece. 1988. Adventitious shoot formation from recultured leaves of rhododendron. *HortScience* 23: 760 (Abstr).
- Kasutjiani, R. Poerwanto, Widodo, N. Khumaida, dan D. Efendi. 2011. Pengaruh media induksi terhadap multiplikasi tunas dan pertumbuhan plantlet pisang raja bulu (AAB) dan pisang tanduk (AAB) pada berbagai media multiplikasi. *J. Agron. Indonesia* 39(3): 180-187.
- Kern, H.R. and M.M. Meyer. 1986. Tissue culture propagation of *Acer x Freemanii* using Thidiazuron to stimulate shoot tip proliferation. *Hort. Sci.* 21: 1209-1210.
- Kong, Dong-Mei, J.F. Preece, and Hai-Long Shen. 2012. Somatic embryogenesis in immature cotyledons of Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica* Rupr). *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 108(3): 485-492.
- Lee, S.W. 2005. Thidiazuron in the improvement of banana micropropagation. Proc. II International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species. In W. Chang and R. Drew. (Eds.). ISHS Acta Horticulturae 692.
- Lestari, E.G. 2008. Kultur Jaringan. Aka Demia. 60 hlm.
- Lestari, E.G. 2011. Peranan zat pengatur tumbuh dalam perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan. *J. Agro Biogen* 7(1): 63-68.
- Lestari, E.G., M.R. Suhertanto, A. Kurniawati, dan S. Rahayu. 2013. Induksi tunas ganda tanaman manggis Malinau melalui kultur *in vitro* untuk perbanyakan klonal. *J. Agron. Indones.* 41(1): 40-46.
- Li, Z., A. Thraore, S. Maximova, and M.J. Guiltinan. 1998. Somatic embryogenesis and plant regeneration from floral explants of cacao (*Theobroma cacao* L.) using thidiazuron. *In vitro Cell Dev. Biol.-Plant* 34(4): 293-292.
- Lin, C.H., R.J. Wang, and G.Y. Jauh. 1989. Enhancement of callus formation on grape single but cutting by TDZ. *Acta Hort.* 239: 129-132.
- Lin, C.H., L.Y. Lee, and M.J. Tseng. 1994. The effect of stratification and TDZ treatment on germination and protein synthesis of *Pyrus scrota*. *Ann. Bot.* 73: 513-523.
- Lu, C.Y. 1993. The use of thidiazuron in tissue culture. *In Vitro Dev. Biol.* 29(2): 92-96.
- Malik, K.A. and P.K. Saxena. 1992. Thidiazuron induces high-frequency shoot regeneration in intact seedlings of pea (*Pisum sativum*), chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Aust. J. Plant Physiol.* 19(6): 731-740.
- Mante, S., R. Scorza, and J.M. Cordts. 1989. Plant regeneration from cotyledons of *Prunus persica*, *Prunus domestica*, and *Prunus cerasus*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 19: 1-11.
- Mante, S., P.H. Morgens, and R. Scorza. 1991. Agrobacterium-mediated transformation of plum (*Prunus domestica* L.) hypocotyl slices and regeneration of transgenic plants. *Nature Biotechnol.* 9: 853-857.
- Matand, K. and C.S. Prakash. 2007. Evaluation of peanut genotypes for *in vitro* plant regeneration using thidiazuron. *J. Biotechnol.* 130(2): 202-207.
- Mattis, P.R., H.J. Swartz, and G. Eisenbeiss. 1995. Development of embryo rescue and shoot regeneration technique in *Ilex*. *J. Environ. Hort.* 13(4): 164-168.
- Meyer, M.M. and H.R. Kernesh. 1986. Thidiazuron and *in vitro* shoot proliferation of *Celtis occidentalis* L. Abst. Proc. VI Intl. Congr. Plant Tissue & Cell Culture. Minneapolis. 149 pp.
- Meyer, H.J. and J. Staden. 1998. *In vitro* multiplication of *Ixia flexuosa*. *HortScience* 23: 1070-1071.
- Minocha, S.C. 1987. Plant growth regulators and morphogenesis in cell and tissue culture of forest trees. *Cell and tissue culture in forestry. Forestry Sci.* 24-26: 50-56.

- Mithila, J., J. Hall., J.M.R. Victor, and P. Saxena. 2003. Thidiazuron induces shoot organogenesis at low concentrations and somatic embryogenesis at high concentrations on leaf and petiole explants of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). *Plant Cell Rep.* 21: 48–414.
- Mohamed, M.F., P.E. Read, and D.P. Coyne. 1991. Organogenic callus induction and shoot morphogenesis in common bean. *Abstr. Hort. Scie.* 26(6): 772.
- Mohamed-Yasseen, Y.W.E. Splitstoesser, and R.E. Litz. 1991. *In vitro* bulb formation and plant recovery from onion inflorescences. *Notes. Hort. Sci.* 28(10): 1052.
- Mok, M.C., D.W.S. Mok, and J.E. Turner. 1987. Biological and biochemical effects of cytokinin-active phenylurea derivatives in tissue culture systems. *HortScience* 22: 1194–1197.
- Murthy, B.N.S., S.J. Murch, and P.K. Saxena. 1995. Thidiazuron-induced somatic embryogenesis in intact seedling of peanut (*Arachis hypogaea*): Endogenous growth regulator levels and significance of cotyledons. *Physiologia Plantarum* 94(2): 268–276.
- Murthy, B.N.S., J. Victor, R.P. Sing, R.A. Fletcher, and P.A. Saxena. 1996. *In vitro* regeneration of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Stimulation of direct organogenesis and somatic embryogenesis by thidiazuron. *Plant Growth Reg.* 19(3): 233–240.
- Murthy, B.N.S., S.J. Murch, and P.K. Saxena. 1998. Thidiazuron: A potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis. *In Vitro Cell Dev. Biol-Plant* 34(4): 267–275.
- Niedz, R.P., S.S. Smith, K.B. Dunbar, C.T. Stephens, and H.H. Murakishi. 1989. Factors influencing shoot regeneration from cotyledonary explants of *Cucumis melo*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 18(3): 313–319.
- Nielsen, J.M., K. Brandt, and J. Hansen. 1993. Long-term effects of thidiazuron are intermediate between benzyladenine, kinetin or isopentenyl adenine in *Micanthus sinensis*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 35(2): 173–179.
- Norgaard, J.V. and P. Krogstrup. 1991. Cytokinin induced somatic embryogenesis from immature embryos of *Abies nordmanniana* Lk. *Plant Cell Rep.* 9(9): 509–513.
- Pierik, R.L.M. 1987. *In vitro* Culture of Higher Plants. Martinus Nijhoff Publisher, London. 344 pp.
- Preece, J.E. and M.R. Imel. 1991. Plant regeneration from leaf explants of *Rhododendron* 'P.J.M. Hybrids'. *Scientia Hort.* 48: 159–170 CrossRef.
- Purnamaningsih, R. dan E.G. Lestari. 1998. Multiplikasi tunas temu giring melalui kultur *in vitro*. *Bul. Plasma Nutfah* 1(5): 24–27.
- Qureshi, J.A. and P.K. Saxena. 1992. Adventitious shoot induction and somatic embryogenesis with intact seedlings of several hybrid seed geranium (*Pelargonium* × *Hortorum* Bailey) varieties. *Plant Cell Rep.* 11(9): 443–448.
- Rostami, H., A. Giri, A.S. M. Nejad, and A. Moslem. 2013. Optimization of multiple shoot induction and plant regeneration in Indian barley (*Hordeum vulgare*) cultivars using mature embryos. *Saudi J. Biol. Sci.* 20(3): 251–255.
- Sajid, Z.A. and F. Aftab. 2009. Effect of thidiazuron (TDZ) on *in vitro* micropropagation of *Solanum tuberosum* l. CV. Desiree and Cardinal. *Pak. J.* 41(4): 1811–1815.
- Saxena, P.K., K.A. Malik, and R. Gill. 1992. Induction by thidiazuron of somatic embryogenesis in intact seedlings of peanut. *Planta* 187(3): 421–424.
- Seelye, J.F. and S.M. Butcher. 1991. *In vitro* response of *Actinidia* leaf and callus tissue to thidiazuron. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 19(4): 447–450.
- Serangsam, A. and Kanchanapoom. 2003. Thidiazuron induced plant regeneration in callus culture of triploid banana (*Musa* sp.) "Gros Miched", AAA group. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 25(6): 689–696.
- Singh, P. and P. Dwivedi. 2014. Two-stage culture procedure using thidiazuron for efficient micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni, an anti-diabetic medicinal herb. *Biotech* 4(4): 431–437.
- Sriskandarajah, S., R.M. Skirvin, and H. Abu-Qaoud. 1990. Factors involved in shoot elongation and growth of adventitious and axillary shoots of three apple scion cultivars *in vitro*. *J. Hort. Sci.* 65(2): 113–121.
- Sudarsono, R.G. and R.G. Goldy. 1991. Growth regulator and axillary bud position effects on *in vitro* establishment of *Vitex rotundifolia*. *Hort. Sci.* 26: 304–307.
- Suttle, J.C. 1985. Involvement of ethylene in the action of the cotton defoliant thidiazuron. *Plant Physiol.* 78(2): 272–276.
- Syahid, S.F. dan N.N. Kristina. 2008. Multiplikasi tunas, aklimatisasi dan analisis mutu simplisia daun encok (*Plumbago zeylanica* L.) asal kultur *in vitro* periode panjang. *Bul. Littro XIV*(2): 117–128.
- Tabrett, A.M. and N. Hammatt. 1992. Regeneration of shoots from embryo hypocotyls of common ash (*Fraxinus excelsior*). *Plant Cell Rep.* 11(10): 514–518.
- Thomas, J.C. and F.R. Katterman. 1986. Cytokinin activity induced by thidiazuron. *Plant Physiol.* 81(2): 681–683.
- Uranbey, S. 2005. Thidiazuron induced adventitious shoot regeneration in *Hyosyamus niger*. *Biologia Plantarum* 49(3): 427–430.
- Victor, J.M.R., B.N.S. Murthy, S.J. Murch, S.K. Raj, and P.K. Saxena. 1999. Role of endogenous purine metabolism in thidiazuron-induced somatic embryogenesis of peanut (*Arachis hypogaea*). *Plant Growth Regul.* 28: 41–4999.
- Vila, S., A. Gonzalez., H. Rey, and L. Mroginski. 2003. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature zygotic embryos of *Mellia azedarach* (Meliaceae). *In vitro Cell Dev. Biol-Plant* 39(3): 283–287.
- Visser, C., J.A. Qureshi, R. Gill, and P.K. Saxena. 1992. Substitution of auxin and cytokinin requirement for the induction of somatic embryogenesis in geranium hypocotyl cultures. *Plant Physiol.* 99(4): 1704–1707.
- Yelnititis. 1996. Pengaruh BA, thidiazuron dan auksin (IAA dan IBA) terhadap multiplikasi tunas dan perakaran *in vitro* ki encok. Prosiding Simposium Nasional Tumbuhan Obat dan Aromatik. APINMAP. Bogor. hlm. 278–283.
- Yelnititis, N. Bermawie, dan D. Surachman. 2000. Pengaruh BA dan thidiazuron terhadap inisiasi dan multiplikasi tunas tapak dara (*Chatarantus roseus*). *Bul. Littro. XI*(2): 11–18.
- Youmbi, E., B. Ella, and K. Tomekpe. 2006. Effect of thidiazuron on *in vitro* proliferation capacities of some banana (*Musa* sp.) cultivars with weak multiplication potential. *Akdenz Universites Ziraat Faultes Dergizi* 19(2): 252–259.

PEDOMAN BAGI PENULIS

PENGAJUAN NASKAH

PERSYARATAN UMUM: Naskah yang diajukan belum pernah diterbitkan dan tidak sedang dalam proses evaluasi publikasi lain; telah mendapat persetujuan dari ko-penulis, jika ada, sebagai pihak yang sama-sama bertanggung jawab terhadap naskah. Penerbit tidak akan bertanggung jawab terhadap klaim atau permintaan kompensasi terhadap hal-hal yang berkaitan dengan naskah.

Naskah hendaknya dikirim rangkap dua disertai dengan *softcopy* atau file elektronis dan diberi pengantar dari kepala unit kerja, serta dialamatkan kepada: Redaksi Pelaksana Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Indonesian Agricultural Research and Development Journal), PUSTAKA, Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122, Telepon: (0251) 8321746, Faks.: 62-251-8326561, *E-mail*: pustaka@litbang.deptan.go.id, *website*: <http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id>.

Naskah yang diajukan harus dalam kondisi baik, diketik di atas kertas kuarto putih pada satu permukaan saja, memakai dua spasi. Pinggir kiri kanan tulisan disediakan ruang kosong minimal 3,50 cm dari pinggir kertas. Panjang naskah sebaiknya tidak melebihi 20 halaman termasuk tabel dan gambar.

RUANG LINGKUP: Jurnal ini memuat tinjauan (*review*) mengenai hasil-hasil penelitian yang telah diterbitkan, dikaitkan dengan teori, evaluasi hasil penelitian lain dan atau ketentuan kebijakan, dengan ditujukan kepada pengambil kebijakan sebagai bahan pengambil keputusan. Permasalahan dibahas secara komprehensif serta bertujuan memberi informasi tentang teknologi pertanian di Indonesia.

PENYIAPAN NASKAH

BAHASA: Jurnal memuat artikel dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris yang baik. Pemakaian istilah supaya mengikuti Pedoman Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa.

BENTUK NASKAH: Naskah disusun dalam urutan sebagai berikut: judul tulisan, nama penulis dan alamatnya, abstrak bahasa Indonesia dan Inggris (250 kata) dan kata kunci (bahasa Indonesia dan Inggris), pendahuluan, pokok masalah, kesimpulan dan saran (jika perlu), diakhiri dengan daftar pustaka.

JUDUL NASKAH: Judul harus singkat, faktual dan informatif, yang mencerminkan secara tepat isi naskah. Judul tidak boleh lebih dari 15 kata.

NAMA PENULIS: Nama penulis serta nama lembaga (institusi) tempat kerja penulis disertai alamat lengkap, nomor telepon, faks, dan email dicantumkan di bawah judul. Bila

penulis lebih dari seorang maka penulisan namanya mengikuti kode etik penulisan. Jika dirasa perlu, judul naskah dapat dilengkapi dengan subjudul untuk mempertegas maksud tulisan.

ABSTRAK: Abstrak merupakan ringkasan elemen-elemen terpenting dari naskah, ditulis dalam satu paragraf tidak lebih dari 250 kata. Abstrak harus dapat menggambarkan dengan ringkas mengenai masalah, tujuan penulisan, dan kesimpulan. Hindari singkatan dan referensi di dalam abstrak.

KATA KUNCI: Minimal tiga sampai lima kata kunci yang terdiri atas satu kata atau gabungan kata yang menunjukkan subjek-subjek utama di dalam naskah.

SATUAN PENGUKURAN: Satuan ukuran di dalam teks dan grafik memakai sistem metrik, misalnya dalam satuan mikron, mm, cm, km, untuk panjang; cm³, liter untuk volume; dan g, kg, ton untuk berat. Pemakaian satuan pikul, kuintal, dan lain sebagainya supaya dihindari.

TABEL: Tabel hendaknya diberi judul singkat tetapi jelas dengan catatan secukupnya, termasuk sumbernya, sedemikian rupa sehingga setiap tabel mampu menjelaskan informasi yang disajikan secara mandiri. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam teks.

GAMBAR DAN GRAFIK: Gambar dan grafik dibuat dengan garis cukup tebal sehingga memungkinkan pencetakan dalam proses mencetak. Semua simbol dan singkatan dalam gambar dan grafik harus dijelaskan. Seperti halnya pada tabel, keterangan pada grafik harus mencukupi agar dapat disajikan secara mandiri. Gambar dan grafik harus diulas dalam teks. Foto hitam putih atau berwarna hendaknya mempunyai kualitas yang baik.

SITIRAN PUSTAKA: Pustaka disusun menurut abjad berdasarkan nama (keluarga) penulis pertama. Setiap pustaka yang tercantum pada daftar pustaka harus dikutip (disitir) pada teks, dan sebaliknya setiap kutipan (sitasi) harus dicantumkan dalam daftar pustaka.

Jumlah sitiran pustaka minimal 25 buah. Pustaka primer dari beberapa penulis diharapkan lebih banyak daripada pustaka sekunder, dan pustaka dari dalam negeri lebih banyak daripada pustaka dari luar negeri. Naskah dengan banyak pustaka dari luar negeri dapat diterima jika masalah yang dibahas bermanfaat atau berdampak langsung terhadap Indonesia. Kebaruan pustaka diupayakan 10 tahun terakhir.

Penulisan pustaka pada teks menggunakan sistem "nama-tahun" dengan dua bentuk, misalnya Hakim dan Sutarmanto (1991) dan (Hakim dan Sutarmanto 1991). Jika lebih dari satu pustaka disebutkan bersama-sama maka penulisannya disusun berdasarkan tahun terbit. Contohnya, (Harahap 1993;

Roesdiyanto dan Purwantini 2001; Simanjuntak 2002; Setioko 2003; Suparyanto 2004). Jika terdapat lebih dari dua penulis maka nama (keluarga) penulis pertama diikuti dengan *et al.* Namun *et al.* tidak boleh digunakan dalam Daftar Pustaka walaupun dapat digunakan di dalam teks. Semua nama penulis dan nama editor harus ditulis secara lengkap pada Daftar Pustaka. Referensi yang tidak diterbitkan supaya dihindari. Contoh format referensi:

Artikel Jurnal (Jurnal Primer)

Baliyadi, Y., W. Tengkan, Bedjo, dan Purwantoro. 2008. Validasi rekomendasi pengendalian hama terpadu kedelai di lahan sawah dengan pola pergiliran tanaman padi-kedelai-kedelai. *Agritek* 16(3): 492–500.

Buku

Norris, R.F., E.P. Caswell-Chen, and M. Kogan. 2003. *Concepts in Integrated Pest Management*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 586 pp.

Artikel dalam Buku

Marwoto. 2007. Potensi ekstrak daun *Aglaia odorata* untuk pengendalian hama polong kedelai. hlm. 396–404. *Dalam* D. Harnowo, A.A. Rahmiana, Suharsono, M.M. Adie, F. Rozi, Subandi, dan A.K. Makarim (Ed.). *Peningkatan Produksi Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Mendukung Kemandirian Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

Tesis/Disertasi

Doda, J. 1980. Studi Kelimpahan dan Keragaman Jenis Serangga di Daerah Pertanian Desa Transmigrasi Mopuya Kabupaten Bolaang Mongondow (Sulawesi Utara). Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 107 hlm.

Naskah Prosiding

Ardiwinata, A.N., W. Tengkan, dan M. Iman. 1997. Senyawa kimia tanaman inang penarik imago *Etiella zinckenella* dan *Heliothis armigera*. hlm. 368–376. *Dalam* M. Arifin, Soetrisno, D. Soetopo, I.W. Laba, Harnoto, A. Kusmayadi, Siswanto,

I.M. Trisawa, dan D. Koswanudin (Ed.). *Prosiding Seminar Nasional Tantangan Entomologi pada Abad XXI*, Bogor, 8 Januari 1997. Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bogor dan Proyek Pengendalian Hama Terpadu.

Naskah Konferensi

Chin, L.J., L.M. Tan, and K. Wegleitner. 2007. Occurrence of mycotoxins in feed samples from Asia. A continuation of the bromin mycotoxins survey program. Paper presented in 15th Annual ASA-IM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop, 27–30 May 2007, Bali-Indonesia.

Naskah Laporan Hasil Penelitian

Tengkan, W., D. Soekarna, E. Surachman, dan M. Roovers. 1977. Fluktuasi serangan hama penting pada berbagai stadia pertumbuhan tanaman kedelai varietas Orba MK 1973-MP 1974/1975. *Laporan Kemajuan Penelitian Seri Hama/Penyakit* No. 10: 8–29.

Naskah online

Brown, W.L. 2007. Bioprospecting. Missouri Botanical Garden. <http://www.wlbcntr.org/bioprospecting.htm#>. [17 September 2007].

MEKANISME SELEKSI NASKAH

Redaksi melakukan koreksi dan perbaikan serta mengubah format sesuai dengan sifat jurnal yang informatif tanpa mengubah arti dari naskah. Redaksi akan mengembalikan naskah kepada penulis untuk diperbaiki sesuai dengan hasil koreksi redaksi serta naskah yang tidak dapat diterima dengan alasan sesuai dengan keputusan Dewan Redaksi. Penulis diharapkan segera mengembalikan perbaikan naskah agar dapat diterbitkan pada waktunya. Contoh cetak naskah sebelum terbit akan dikirimkan ke penulis untuk mendapatkan persetujuan. Kepada setiap penulis diberikan dua eksemplar jurnal ditambah 5 eksemplar *reprint*.