

## Optimasi Pertumbuhan Plantlet Krisan melalui Peningkatan Permeabilitas Tutup Botol dan Penurunan Sukrosa

N Triyastuti<sup>✉</sup>, E S Rahayu, T Widiatningrum

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2018  
Disetujui 23 Maret 2018  
Dipublikasikan 1 April 2018

*Keywords:*  
*Chrysanthemum indicum L.*  
Decreasing Sucrose, Plantlet  
Growth

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan luas permeabilitas tutup botol kultur dan konsentrasi sukrosa dalam medium kultur yang optimal untuk pertumbuhan plantlet krisan (*Chrysanthemum indicum L.*). Peningkatan luas permeabilitas tutup dilakukan dengan pembuatan lubang seluas 0,2 cm<sup>2</sup> pada tutup botol kultur yang kemudian dilapisi dengan membran mikropori berukuran 0,5 µm. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu luas permeabilitas (0 ; 0,2 ; 0,4 dan 0,6 cm<sup>2</sup>) dan konsentrasi sukrosa (0, 10; 20 dan 30 g/l) dalam media Murashige and Skoog (MS). Parameter yang diamati adalah waktu munculnya tunas, jumlah dan tinggi tunas, jumlah dan luas daun, serta jumlah dan panjang akar. Data dianalisis dengan Anava dua arah dan *Duncan's Multiple Range Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permeabilitas tutup botol kultur, konsentrasi sukrosa, dan interaksinya mempercepat waktu munculnya tunas krisan. Konsentrasi sukrosa meningkatkan tinggi tunas, jumlah daun dan luas daun plantlet. Medium MS yang mengandung sukrosa 20 g/l dengan semua taraf permeabilitas dapat mengoptimalkan pertumbuhan plantlet krisan. Perlakuan tersebut menghasilkan tunas tertinggi, daun terluas, dan mampu mendorong munculnya tunas yang lebih cepat. Berdasarkan hasil tersebut disarankan menumbuhkan krisan secara *in vitro* dalam media MS mengandung sukrosa 20 g/l dengan atau tanpa peningkatan permeabilitas tutup botol kultur.

### Abstract

*This study aims to determine the permeability area of the culture vessel cap and the optimum sucrose concentration in the culture medium on the growth of chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum L.*) plantlet. Increased permeability area of the cap is made by making a 0,2 cm<sup>2</sup> hole in the culture vessel cap and then coated with a 0,5 µm microporous membrane. This research was carried out using completely randomized factorial design with two factors, permeability (0; 0,2; 0,4 and 0,6 cm<sup>2</sup>) and sucrose concentration (0; 10; 20, and 30 g/l) in Murashige and Skoog (MS) media. The parameters observed were the time of bud appearance, number and height of shoot, number and area of leaves, and number and length of roots. Data were analyzed with two-way Anova and *Duncan's Multiple Range Test*. The results showed that the permeability area of culture vessel cap, sucrose concentration and interaction accelerated the time of chrysanthemum buds emergence. The concentration of sucrose increases the shoot height, leaf number and plantlet leaf area. Medium MS containing sucrose 20 g/l with all permeability area can optimize the growth of chrysanthemum plantlet. The treatment produces the highest shoots, the largest leaves and is able to encourage the emergence of faster shoots. Based on these results it is advisable to grow chrysanthemums *in vitro* in MS medium containing sucrose 20 g/l with or without increased permeability of culture vessel cap.*

© 2018 Universitas Negeri Semarang

## PENDAHULUAN

Tanaman hias merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai prospek agribisnis yang cukup besar di Indonesia. Salah satu jenis tanaman hias yang memiliki potensi ekonomi tinggi adalah krisan (*Chrysanthemum indicum* L.). Krisan merupakan bunga potong yang populer di Indonesia. Bunga yang termasuk dalam famili Asteraceae ini mempunyai keunggulan pada variasi warna, ukuran, bentuk, ketahanan bunga dan ketegaran tangkai bunga, serta harga bunga yang menjadi bahan pertimbangan konsumen dalam pembelian bunga krisan (Nurmalinda & Hayati, 2014).

Pengembangan agribisnis bunga potong krisan memiliki prospek yang menjanjikan untuk direalisasikan guna meningkatkan angkatan kerja dan pendapatan petani. Namun, 80% bibit krisan masih bergantung pada suplai impor (Andri, 2013). Upaya mengurangi ketergantungan kebutuhan bibit bunga krisan impor perlu dilakukan suatu teknik perbanyakannya sehingga kebutuhan bibit dapat terpenuhi baik jumlah maupun varietas yang diinginkan pasar. Salah satu teknik perbanyakannya tanaman adalah teknik kultur jaringan atau kultur *in vitro*.

Kondisi lingkungan *in vitro* berbeda dengan kondisi lingkungan *ex vitro*. Kondisi lingkungan *in vitro* ditandai dengan kelembaban udara yang tinggi, intensitas cahaya rendah, konsentrasi CO<sub>2</sub> rendah, pergerakan udara terbatas dan adanya kandungan gula dalam media kultur (Hazarika, 2003), sedangkan kondisi lingkungan *ex vitro* ditandai dengan kelembaban udara yang rendah, intensitas cahaya tinggi, konsentrasi CO<sub>2</sub> tinggi, pergerakan udara tidak terbatas dan tidak adanya kandungan gula dalam tanah. Kondisi lingkungan yang berbeda tersebut sering menyebabkan tanaman hasil kultur *in vitro* mengalami kerusakan stomata, penipisan lapisan lilin epikutikuler, pemanjangan tunas berlebihan, penurunan konsentrasi klorofil dan hiperhidrasi sehingga intensitas pertumbuhan dan peluang hidup dalam lingkungan *ex vitro* juga rendah karena proses adaptasi yang ekstrim (Lucchesini *et al.*, 2001; Hazarika, 2006; Chaum *et al.*, 2011). Oleh karena itu, perlu pengendalian kondisi lingkungan *in vitro* menjadi seperti kondisi lingkungan *ex vitro* untuk

menghasilkan tanaman yang lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan *ex vitro* (Rahayu, 2015).

Kultur fotoautotrofik adalah metode mikropropagasi yang menggunakan medium bebas gula, sehingga kebutuhan karbohidrat untuk pertumbuhan tergantung pada fotosintesis. Oleh karena itu, teknik ini disebut pula sebagai mikropropagasi fotosintetik atau mikropropagasi bebas gula (Kozai & Kubota, 2005). Teknik mikropropagasi fotoautotrofik diwujudkan melalui modifikasi medium dan lingkungan kultur untuk menjamin terjadinya fotosintesis yang optimal dan terbentuknya plantlet yang adaptatif di lingkungan *ex vitro*. Penelitian mengenai pengaturan suplai CO<sub>2</sub> dan sukrosa terhadap tanaman krisan belum pernah dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang peningkatan kualitas pertumbuhan plantlet krisan (*Chrysanthemum indicum* L.) dengan mengatur suplai CO<sub>2</sub> dan sukrosa secara *in vitro*.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama kurun waktu 4 bulan dimulai dari bulan Februari 2017-Juni 2017. Bahan penelitian berupa plantlet tanaman krisan berumur 3 bulan yang ada di laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah luas permeabilitas tutup botol yang terdiri atas 4 taraf yaitu C<sub>0</sub> = tanpa lubang (0 cm<sup>2</sup>), C<sub>1</sub> = pemberian 1 lubang (0,2 cm<sup>2</sup>), C<sub>2</sub> = pemberian 2 lubang (0,4 cm<sup>2</sup>), C<sub>3</sub> = pemberian 3 lubang (0,6 cm<sup>2</sup>). Faktor kedua adalah konsentrasi sukrosa yang terdiri atas 4 taraf yaitu S<sub>0</sub> (0 g/l), S<sub>1</sub> (10 g/l), S<sub>2</sub> (20 g/l), S<sub>3</sub> (30 g/l). Pada penelitian ini terdapat 16 taraf perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali ulangan pada setiap taraf perlakuan. Eksplan terdiri dari 2 nodus dengan 2 helaian daun. Setiap botol terdiri dari 2 eksplan plantlet krisan. Kemudian botol ditutup dengan *aluminium foil* yang telah diberi lubang seluas 0,2

cm<sup>2</sup> pada tutup botol kultur yang kemudian dilapisi dengan membran mikropori berukuran 0,5 µm sesuai dengan perlakuan. Eksplan yang sudah ditanam di media disimpan dalam rak penyimpanan dengan suhu ruang inkubasi 20-24°C dengan cahaya lampu LED 1300 lux berdurasi 16 jam terang selama 8 minggu.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah waktu munculnya tunas, jumlah dan tinggi tunas, jumlah dan luas daun, serta jumlah dan panjang akar. Data dianalisis dengan Anava dua arah dan uji lanjut DMRT dengan tingkat kepercayaan 95% untuk menganalisis perbedaan pengaruh antar kombinasi taraf perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Waktu munculnya tunas

Hasil analisis menunjukkan luas permeabilitas tutup botol kultur, konsentrasi sukrosa dan interaksi keduanya dapat mempercepat waktu munculnya tunas. Sukrosa dalam media pertumbuhan berperan sebagai sumber energi dan sumber karbon yang langsung dapat diserap oleh eksplan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan melalui pembentukan metabolit, pembentukan polimer, regulator siklus sel dan pembelahan sel (Ruan, 2012). Diketahui bahwa sukrosa dibutuhkan pada konsentrasi tertentu, tidak terlalu rendah maupun terlalu tinggi. Konsentrasi sukrosa 10 g/l mampu mendorong munculnya tunas krisan yang lebih cepat (Tabel 1).

**Tabel 1** Hasil uji Duncan konsentrasi sukrosa pada waktu munculnya tunas dan tinggi tunas krisan.

Konsentrasi Sukrosa (g/l)	Waktu Munculnya Tunas (hari)	Tinggi Tunas (cm)
S <sub>0</sub> (tanpa sukrosa)	12,09 <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub> (konsentrasi sukrosa 10 g/l)	7,09 <sup>b</sup>	7,78 <sup>b</sup>
S <sub>2</sub> (konsentrasi sukrosa 20 g/l)	7,88 <sup>b</sup>	7,88 <sup>b</sup>
S <sub>3</sub> (konsentrasi sukrosa 30 g/l; kontrol)	7,78 <sup>b</sup>	4,45 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda secara signifikan berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 0,05%.

Media tanpa penambahan sukrosa akan mendorong eksplan untuk menyediakan energi bagi pertumbuhan eksplan dan bahan pembangun

untuk memproduksi molekul yang lebih besar yang diperlukan untuk pertumbuhan melalui proses fotosintesis. Namun, dalam kultur jaringan umumnya eksplan yang dikulturkan tidak autotrof dan mempunyai laju fotosintesis sangat rendah sehingga tanpa penambahan sukrosa tidak akan cukup mensintesis kebutuhan karbonnya. Hal tersebut mengakibatkan pertumbuhan eksplan berjalan lambat. Dengan demikian, sukrosa harus ditambahkan ke dalam media (Inayah, 2015).

Konsentrasi sukrosa yang tinggi pada media akan menyebabkan eksplan memperoleh sumber energi dan sumber karbon yang lebih banyak, sehingga akan dapat mempercepat pertumbuhan eksplan. Sumber energi yang semakin banyak mengakibatkan pembelahan sel yang lebih cepat sehingga pertumbuhan akan lebih cepat pula (Sitorus *et al.*, 2011). Namun demikian, sukrosa juga berperan sebagai regulator osmotik. Penambahan sukrosa dengan konsentrasi tinggi dalam medium kultur dapat menurunkan potensial osmotik media sehingga nutrisi yang mengalir ke dalam jaringan tanaman berjalan lambat. Lambatnya aliran nutrisi tersebut dapat menyebabkan penghambatan terhadap pertumbuhan kultur (Roostika *et al.*, 2017).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permeabilitas tutup botol kultur terhadap gas mempengaruhi waktu munculnya tunas krisan (Tabel 2). Melalui membran yang permeabel gas (termasuk CO<sub>2</sub>) dari luar botol kultur dapat masuk ke dalam sehingga menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam botol meningkat. CO<sub>2</sub> merupakan bahan dasar fotosintesis yang menghasilkan glukosa atau karbohidrat sederhana. Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang menyimpulkan bahwa karbohidrat dengan CO<sub>2</sub> (Norikane *et al.*, 2010). Hasil penelitian ini memperkuat penelitian Wu & Li (2013) bahwa penambahan CO<sub>2</sub> dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan daun dan tunas planlet *Protea cynaroides* L. Planlet yang dikulturkan dalam media dengan pengayaan CO<sub>2</sub> memiliki bobot kering tunas lebih tinggi dibandingkan dengan planlet yang dikulturkan tanpa pengayaan CO<sub>2</sub>. Hal tersebut menunjukkan bahwa ada translokasi fotosintat yang cukup besar dari daun ke tunas plantlet.

**Tabel 2.** Hasil uji Duncan luas permeabilitas tutup botol kultur pada waktu munculnya tunas krisan.

Tingkat permeabilitas tutup botol kultur	Waktu Munculnya Tunas (hst)
C <sub>0</sub> (tanpa lubang; 0 cm <sup>2</sup> )	8,31 <sup>a</sup>
C <sub>1</sub> (pemberian 1 lubang; 0,2 cm <sup>2</sup> )	8,50 <sup>a</sup>
C <sub>2</sub> (pemberian 2 lubang; 0,4 cm <sup>2</sup> )	8,84 <sup>a</sup>
C <sub>3</sub> (pemberian 3 lubang; 0,6 cm <sup>2</sup> )	9,19 <sup>b</sup>

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda secara signifikan berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 0,05%.

### Tinggi tunas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sukrosa berpengaruh terhadap tinggi tunas krisan, sebaliknya permeabilitas tutup dan interaksi keduanya tidak berpengaruh. Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi sukrosa 20 g/l dan 30 g/l merupakan perlakuan yang dapat menghasilkan tunas paling tinggi (Tabel 1). Hasil tersebut menunjukkan bahwa plantlet bergantung pada sukrosa dalam media, bukan bergantung pada hasil fotosintesis. Penambahan tinggi tunas disebabkan oleh kegiatan pembelahan sel yang terjadi pada meristem apikal. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, konsentrasi sukrosa yang tinggi pada media akan menyebabkan eksplan memperoleh sumber energi dan sumber karbon yang lebih banyak, sehingga akan dapat mempercepat pertumbuhan eksplan. Sumber energi yang semakin banyak mengakibatkan pembelahan sel yang lebih cepat sehingga pertumbuhan akan lebih cepat pula (Sitorus *et al.*, 2011).

Sukrosa berperan sebagai sinyal yang mengatur aktivitas meristem dengan mengumpulkan *target of rapamycin* (TOR) kinase, yang merupakan pusat sensoris utama status energi yang berperan langsung dalam mendorong proliferasi sel. TOR berfungsi untuk memfosforilasi dan mengaktifkan faktor transkripsi E2F pada fase S dalam siklus sel (Figueroa & Lunn, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat permeabilitas tutup botol kultur tidak berpengaruh terhadap tinggi tunas krisan. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Silva *et al.* (2014)

bahwa suplai CO<sub>2</sub> memberikan hasil optimal dalam penambahan panjang tunas *Cattleya walkeriana*. Perbedaan tersebut mungkin terjadi karena eksplan yang digunakan pada penelitian ini merupakan eksplan dengan dua daun sehingga laju fotosintesis masih rendah.

Fotosintesis yang rendah pada mikropropagasi fotomiksotrofik biasanya terkait dengan adanya sukrosa dalam medium pertumbuhan, intensitas cahaya rendah dan pertukaran udara yang rendah di dalam botol kultur (Zhang *et al.*, 2009). Ketersediaan sukrosa dalam medium pertumbuhan cenderung membuat plantlet bergantung pada sukrosa dan tidak terlalu bergantung pada CO<sub>2</sub>. Hal tersebut terutama terjadi apabila konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam botol kultur rendah (Kubota *et al.*, 2001). Selain itu, diketahui bahwa plantlet yang dikulturkan dalam media yang mengandung sukrosa biasanya memiliki mesofil yang kurang berkembang dengan sel palisade yang kecil. Hal tersebut mempengaruhi pemanfaatan CO<sub>2</sub> dan menyebabkan reduksi fotosintesis (Gouk *et al.*, 1997).

### Jumlah tunas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan tidak berpengaruh terhadap jumlah tunas krisan. Hasil tersebut tidak sejalan dengan penelitian Norikane *et al.* (2013) bahwa pengayaan kadar CO<sub>2</sub> menunjukkan jumlah tunas yang lebih baik pada perbanyakan plantlet *Oncidesa*. Hal ini diduga karena penelitian ini menggunakan eksplan dengan dua daun sehingga laju fotosintesis masih rendah. Eksplan cenderung bergantung pada sukrosa dalam media dari pada bergantung pada CO<sub>2</sub> untuk berfotosintesis. Namun berdasarkan hasil penelitian sukrosa juga tidak berpengaruh terhadap jumlah tunas krisan. Tidak adanya pengaruh yang signifikan tersebut dapat diartikan bahwa seluruh perlakuan mampu memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dalam mendorong pertumbuhan jumlah tunas.

Ramesh & Ramassamy (2014) menyatakan jumlah tunas yang muncul diduga dipengaruhi oleh tinggi tanaman, sehingga semakin tinggi tanaman semakin sedikit tunas yang muncul. Hal ini karena energi yang dibutuhkan untuk pembentukan calon tunas digunakan untuk

pemanjangan tunas lainnya, sehingga jumlah tunas dapat mengalami penghambatan.

### Jumlah dan luas daun

Media MS merupakan media yang sering digunakan untuk kultur jaringan tumbuhan. Eksplan yang ditanam adalah eksplan krisan yang terdiri dari dua nodus dengan dua helai daun dalam media MS dengan tingkat permeabilitas tutup botol kultur dan konsentrasi sukrosa berbeda-beda. Hasil Anava menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap jumlah dan luas daun sedangkan tingkat permeabilitas tutup botol kultur dan interaksi keduanya tidak berpengaruh.

Berdasarkan hasil analisis konsentrasi sukrosa 10 g/l mengakibatkan jumlah daun paling banyak dan konsentrasi sukrosa 20 g/l menyebabkan luas daun paling optimal pada plantlet krisan (Tabel 3.).

**Tabel 3.** Hasil uji Duncan konsentrasi sukrosa pada jumlah dan daun plantlet krisan

Konsentrasi Sukrosa (g/l)	Jumlah Daun (helai)	Luas Daun (cm <sup>2</sup> )
S <sub>0</sub> (tanpa sukrosa)	10,53 <sup>c</sup>	0,49 <sup>b'</sup>
S <sub>1</sub> (konsentrasi sukrosa 10 g/l)	19,31 <sup>a</sup>	0,65 <sup>b'</sup>
S <sub>2</sub> (konsentrasi sukrosa 20 g/l)	16,38 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a'</sup>
S <sub>3</sub> (konsentrasi sukrosa 30 g/l; kontrol)	17,06 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b'</sup>

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda secara signifikan berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 0,05%.

Ketika meristem pucuk aktif membelah akan menghasilkan primordia daun dengan cepat sehingga nodus dan internodus pada awalnya tidak dapat dibedakan. Secara bertahap, pertumbuhan mulai terjadi pada nodus dan internodus. Nodus merupakan tempat melekatnya daun pada batang. Semakin banyak nodus yang terbentuk semakin banyak daun akibat pembelahan sel pada meristem pucuk. Inisiasi daun pada kebanyakan angiosperma adalah dengan adanya pembelahan secara periklinal di

bawah protoderm di daerah perifer apeks pucuk. Kombinasi pembesaran dan pembelahan sel lebih lanjut menghasilkan formasi menjadi sebuah tonjolan, atau pembentukan penopang daun di bawah primordium daun muda. Dengan pertumbuhan yang terus berlanjut, penopang daun berkembang menjadi struktur seperti pasak tegak yang disebut primordium daun. Mekanisme pembelahan sel diregulasi oleh *cyclin-dependent protein kinase* (CDK). Bersama dengan fitohormon, sukrosa berperan sebagai sinyal yang efektif dalam mempengaruhi aktivitas enzim, modifikasi kromatin dan pola ekspresi gen pada gen yang mengatur siklus sel. Regulasi cyclin D (CDKA dan CDKB) yang merupakan gen yang dibutuhkan dalam transisi fase G1/S bergantung pada ketersediaan sukrosa (Kunz, 2014).

Konsentrasi sukrosa 20 g/l menyebabkan luas daun paling optimal pada plantlet krisan. Dalam tumbuhan dikotil, primordium daun segera mengembangkan aktivitas daerah meristem lokal (meristem marginal) pada sisi yang berlawanan dari porosnya. Daerah-daerah ini yang akan memulai pembentukan helaian daun. Sebagai hasil dari aktivitas meristem marginal, sejumlah lapisan sel mesofil terbentuk pada awal perkembangan daun, walaupun jumlah lapisan dapat meningkat selama perkembangan selanjutnya. Perbedaan tingkat pembelahan sel dan pembesaran sel pada berbagai lapisan daun menghasilkan pembentukan berbagai ruang interselular dan menghasilkan karakteristik bentuk mesofil daun (Raven *et al.*, 2012). Siklus sel pada tanaman bergantung pada aktivitas *cyclin-dependent protein kinase* (CDKs) dan interaksinya dengan *cyclins* (CYCs). Diketahui bahwa sukrosa, gula yang diangkut utama pada kebanyakan tanaman, dapat mempercepat tingkat pembelahan sel dengan mengaktifkan ekspresi CYCD, yang mendorong transisi G1 ke S (Gaudin *et al.*, 2000; Riou-Khamlichi *et al.*, 2000).

### Jumlah dan panjang akar

Hasil analisis Anava konsentrasi sukrosa, tingkat permeabilitas tutup botol kultur dan interaksi keduanya menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap jumlah dan panjang akar. Tidak adanya pengaruh yang signifikan tersebut berarti bahwa seluruh

perlakuan mampu memberikan pengaruh yang sama dalam mendorong pertumbuhan akar plantlet. Hasil yang sama juga dinyatakan Rai *et al.* (2015) bahwa interaksi gula dan ventilasi tidak mempengaruhi munculnya akar pada eksplan *Solanum tuberosum*.

Menurut Latifah *et al.* (2017), kemampuan menginduksi plantlet untuk membentuk akar pada tanaman anggrek *Cattleya* dikarenakan bahan tanam yang digunakan telah memiliki bakal akar. Bey *et al.* (2006) juga menjelaskan bahwa radikula akan berubah bentuk menjadi akar dengan bantuan auksin yang diproses oleh daun, setelah daun terbentuk. Auksin yang diproses pada bagian pucuk daun selanjutnya akan dikirimkan melalui floem ke bagian akar tanaman. Dalam penelitian ini eksplan yang digunakan adalah batang krisan dengan dua nodus dan dua helai daun yang belum memiliki bakal akar sehingga pertumbuhan akar sedikit terlambat.

## SIMPULAN

Konsentrasi sukrosa, luas permeabilitas tutup botol kultur, dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan tunas krisan. Konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap tinggi tunas, jumlah daun dan luas daun. Konsentrasi sukrosa 20 g/l mampu menghasilkan plantlet dengan tunas tertinggi, daun terluas, dan mendorong munculnya tunas yang lebih cepat. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang mampu mengoptimalkan pertumbuhan plantlet krisan adalah perlakuan konsentrasi sukrosa 20% baik dengan penambahan permeabilitas tutup botol maupun tidak.

Penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk mengembangkan pertumbuhan plantlet krisan yang optimal, namun perlu penelitian lebih lanjut tentang daya hidup plantlet pada lingkungan *ex vitro* agar menjadi metode optimasi yang lengkap. Selain itu, penelitian lebih lanjut menggunakan metode pengayaan CO<sub>2</sub> yang lain juga perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andri KB. 2013. Analisis rantai pasok dan rantai nilai bunga krisan di daerah sentra pengembangan Jawa Timur. *SEPA* 10(1): 1-10
- Bey Y, Syafii W, & Sutrisna. 2006. Pengaruh pemberian giberelin (GA3) dan air kelapa terhadap perkecambahan bahan biji anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis* BL.) secara *in vitro*. *J Biogenesis* 2(2): 41-46
- Chaum S, Chanseetis C, Chintakovid W, Pichakum A & Supaibulwatana K. 2011. Promoting root induction and growth of *in vitro* macadamia (*Macadamia tetraphylla* L. 'Keauu') plantlets using CO<sub>2</sub>-enriched photoautotrophic conditions. *J Plant Biotechnol.* 106: 435
- Figueroa CM & Lunn JE. 2016. A tale of two sugars: trehalose 6-phosphate and sucrose. *Plant Physiol.* 172: 727
- Gaudin V, Lunness PA, Fobert PR, Towers M, Riou-Khamlichi C, Murray JA, Coen E, & Doonan JH. 2000. The expression of D-cyclin genes defines distinct developmental zones in snapdragon apical meristems and is locally regulated by the *Cycloidea* gene. *Plant Physiol.* 122(2000): 1137-1148
- Gouk SS, Yong JWH, & Hew CS. 1997. Effects of super-elevated CO<sub>2</sub> on the growth and carboxylating enzymes in an epiphytic CAM orchid plantlet. *J Plant Physiol.* 151:129-136
- Hazarika BN. 2003. Acclimatization of tissue-cultured plants. *Curr Sci.* 85: 1704-1712
- Hazarika BN. 2006. Morphophysiological disorders in *in vitro* culture of plants. *Sci Horti.* 108:105-120
- Inayah T. 2015. Pengaruh konsentrasi sukrosa pada induksi embrio somatik dua kultivar kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) secara *in vitro*. *J Agribisnis* 9(1): 61-70
- Kozai T & Kubota C. 2005. Concepts, definitions, ventilation methods, advantages and disadvantages. Dalam Kozai T, Afreen F, Zobayed SMA (Eds.). *Photoautotrophic (sugar-free medium) Micropropagation as a New Micropropagation and Transplant Production System*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 19-30
- Kubota C, Kakizaki N, Kozai T, Kasahara K, & Nemoto J. 2001. Growth and net photosynthetic rate of tomato plantlets during photoautotrophic and photomixotrophic micropropagation. *Hort Sci.* 36:49-52
- Kunz S, Pesquet E, & Kleczkowski LA. 2014. Functional dissection of sugar signals affecting gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS ONE* 9(6): e100312.

- Latifah R, Suhermiatin T, & Ermawati N. 2017. Optimasi pertumbuhan plantlet *Cattleya* melalui kombinasi kekuatan media Murashige-Skoog dan bahan organik. *J App Agricul Sci.* 1(1): 59-68
- Lucchesini M, Mensuali-Sodi A, Massai R, & Gucci R. 2001. Development of autotrophy and tolerance to acclimatization of *Myrtus communis* transplants cultured in vitro under different aeration. *Biol Plant* 44: 167-174
- Norikane A, Takamura T, Morokuma M, & Tanaka M. 2010. In vitro growth and single leaf photosynthetic response of *Cymbidium* plantlets to super-elevated CO<sub>2</sub> under cold cathode fluorescent lamps. *Plant Cell Rpt.* 29: 273-283
- Norikane A, da Silva JAT, & Tanaka M. 2013. Growth of in vitro *Oncidesa* plantlets cultured under cold cathode fluorescent lamps with super-elevated CO<sub>2</sub> enrichment. *AoB Plants J.* 5: 044-053
- Nurmalinda & Hayati. 2014. Preferensi konsumen terhadap krisan bunga potong dan pot (Consumer preferences chrysanthemum cut flowers and pot). *J Hort.* 24(4): 363-372
- Rahayu ES. 2015. *Kultur Fotoautotrofik Solusi Mikropropagasi Tumbuhan Berkayu*. Semarang: CV. Swadaya Manunggal
- Rai SP, Wiendi NMA, & Krisantini. 2015. Optimasi produksi bibit tanaman kentang (*Solanum tuberosum*) kultivar granola dengan teknik fotoautotrofik. *Bul Agrohorti* 3(1): 28-38
- Ramesh Y & Ramassamy V. 2014. Effect of gelling agents in in vitro multiplication of banana var. Poovan. *Int J Adv Biol Res.* 4(3): 308-311
- Raven PH, Evert RF, & Eichhorn SE. 2012. *Biology of Plants Eighth Edition*. Worth Publishers, Inc., NY
- Riou-Khamlichi C, Menges M, Healy JM, & Murray JA. 2000. Sugar control of the plant cell cycle: differential regulation of Arabidopsis D-type cyclin gene expression. *Mol Cell Biol.* 20: 4513-4521
- Roostika I, Purnamaningsih R, & Noviati AV. 2017. Pengaruh sumber karbon dan kondisi inkubasi terhadap pertumbuhan kultur *in vitro* purwoceng (*Pimpinella pruatjan* Molk.). *J AgroBiogen* 4(2):65-69
- Ruan Y. 2012. Signaling role of sucrose metabolism in development. *Mol Plant* 5:763-765
- Silva AB, Lima PP, Oliveira LES, & Moreira AL. 2014. In vitro growth and leaf anatomy of *Cattleya walkeriana* (Gardner, 1839) grown in natural ventilation system. *Rev Ceres Viçosa* 61(6): 883-890
- Sitorus EN, Hastuti ED, & Setiari N. 2011. Induksi kalus binahong (*Basella rubra* L.) secara *in vitro* pada media Murashige & Skoog dengan konsentrasi sukrosa yang berbeda. *Bioma* 13(1): 1-7
- Wu HC & Lin CC. 2013. Carbon dioxide enrichment during photoautotrophic micropropagation of *Protea cynaroides* L. plantlets improves in vitro growth, net photosynthetic rate, and acclimatization. *Hort Sci.* 48(10): 1293-1297
- Zhang M, Zhao D, Ma Z, Li X, & Xiao Y. 2009. Growth and photosynthetic capability of *Momordica grosvenori* plantlets grown photoautotrophically in response to light intensity. *Hort Sci.* 44: 757-763