



**Pengaruh Polyethylene Glycol (PEG) terhadap *Hardening* Planlet Apel (*Malus sp.*) Akibat Hiperhidrisitas Secara In Vitro**

**Influence of Polyethylene Glycol (PEG) to *Hardening* Planlet Apple (*Malus sp.*) by The Effect of Hyperhydricity On In Vitro**

Ruwyatul Maslukah<sup>1\*)</sup>, Farida Yulianti<sup>2)</sup>, Moch. Roviq<sup>1)</sup> dan Moch. Dawam Maghfoer<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya,  
 Jln. Veteran Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

<sup>2)</sup>Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika  
 Jln. Raya Tlekung No 1. Junrejo, Kota Batu

<sup>\*</sup>E-mail: ruwyatu.lmaslukah@gmail.com

Diterima 14 November 2018 / Disetujui 1 Januari 2019

**ABSTRAK**

Hiperhidrisitas ialah perubahan morfo-logi dan fisiologi yang terjadi pada jaringan tanaman yang sering ditemukan pada perbanyakan tanaman secara kultur jaringan. Kegagalan mengatasi masalah ini berpengaruh terhadap keberhasilan aklimatisasi, karena planlet yang dihasilkan sulit untuk menyesuaikan kondisi saat aklimatisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PEG terhadap percepatan *hardening* planlet akibat hiperhidrisitas dan mendapatkan konsentrasi PEG yang optimal terhadap *hardening* planlet apel. Penelitian dilaksanakan di BALITJESTRO Kecamatan Junrejo Kota Batu pada bulan April-Juli 2018. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan yang meliputi PEG (0, 1, 3, 5 dan 9 g l<sup>-1</sup>). Variabel yang diamati meliputi persentase planlet hidup, perubahan morfologi dan warna daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan PEG 5 g l<sup>-1</sup> berpengaruh terhadap persentase planlet hidup sebagai indikator tingkat toleransi eksplan pada cekaman kekeringan. Disisi lain terdapat perubahan morfologi sebagai indikator tingkat kecepatan *hardening* akibat hiperhidrisitas. Terjadi perubahan warna daun dari warna hijau muda sampai dengan warna hijau gelap yang dapat dijadikan sebagai indikator kandungan klorofil pada daun planlet.

Kata kunci: Batang Bawah Apel, Cekaman Kekeringan, Media MS, Warna Daun

**ABSTRACT**

Abstract merupakan terjemahan dari Abstrak, berisi introduction, method, result, dan conclusion yang ditulis secara singkat dan jelas. Abstract ditulis dalam satu paragraf menggunakan layout satu kolom, jumlah kata antara 150-250 kata, huruf Arial ukuran 10 pt, ditulis normal, tidak miring, serta menggunakan spasi 1. Hyperhydricity is a change of morphology and physiology that occurs in tissue of plant which found in micropropagation. Failure to overcome this problem has been an effect on the success of acclimatization, because of the planlet produced had stress while acclimatization. The purpose of this study was to determine the effect of PEG to fast *hardening* of apple plantlet by the effect of hyperhydricity and to get the optimal concentration of PEG. The research was conducted at BALITJESTRO, Batu City, from April-July 2018. The research used a completely randomized design with the treatment of PEG (0, 1, 3, 5 dan 9 g l<sup>-1</sup>). The variable observation were percentage of surviving planlet, change of morphology and leaf colour. The result showed the concentration of PEG 5 g l<sup>-1</sup> influenced to the percentage of surviving planlet as the indicator tolerance of planlet on drought stress.

Concentration of PEG gave the effect to morfology change as the indicator the faster of hardening by the effect of hyperhydricity. The concentration of PEG also influenced to changes of leaf colour from moderate green to dark green which is the indicator of chlorophyll on planlet leaf.

Keyword: Apple Rootstock, Drought stress, Leaf Colour, MS Medium

## PENDAHULUAN

Apel (*Malus* sp.) ialah salah satu jenis tanaman tahunan yang buahnya banyak digemari masyarakat untuk memenuhi kebutuhan konsumsi. Produksi apel di Indonesia masih tergolong rendah yaitu 87,59 ton ha<sup>-1</sup> (BPS, 2015). Hal ini disebabkan keterbatasan daerah yang sesuai untuk budidaya apel. Selain itu penyediaan bibit juga belum terlalu banyak. Salah satu faktor penting yang dapat mendukung produksi dipengaruhi oleh penyediaan bibit bermutu, seragam dan diperoleh dalam jumlah yang banyak. Dalam memenuhi kebutuhan bibit biasanya petani konvensional melakukan perbanyakan dengan okulasi. Cara tersebut belum dapat memenuhi ketersediaan bibit karena ketersediaan batang bawah juga masih sangat terbatas, untuk itu perlu dilakukan perbanyakan batang bawah apel. Perbanyakan dengan kultur jaringan juga sudah banyak dilakukan oleh para peneliti, namun belum mampu memenuhi kebutuhan, karena terjadi hiperhidrisitas pada planlet apel. Menurut Martinez dan Klerk (2010) hiperhidrisitas sering ditemui pada spesies tanaman (*Olearia microdisca*, *Prunus* sp., *Malus* sp.). Kendala tersebut telah mengakibatkan kegagalan aklimatisasi, oleh karena itu ketersediaan bibit batang bawah apel belum dapat terpenuhi.

Hiperhidrisitas dapat dikenal juga dengan vitrifikasi yang dapat menyebabkan kelebihan air, lignifikasi rendah, dan berkurangnya kekuatan mekanik tanaman yang dihasilkan dalam kultur jaringan. Gejala utama yang ditimbulkan akibat hiperhidrisitas ini secara umum ialah ditandai dengan kekurangan klorofil dan kandungan airnya tinggi. Hiperhidrisitas dapat menyebabkan

kehilangan hasil yang cukup signifikan dan masalah-masalah lain dalam perbanyakan secara komersial (Pancaningtyas, 2013). Hiperhidrisitas dapat dikendalikan dengan memodifikasi komposisi media yang digunakan dalam perbanyakan.

Upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan penambahan *Polyethylene Glycol* (PEG) pada media. Menurut Rahayu *et al.* (2005) PEG ialah senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub unit etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Penggunaan PEG diharapkan dapat mempercepat *hardening* planlet apel, karena PEG dapat menurunkan kondisi cekaman kekeringan yang menyebabkan ketersediaan air dalam media menjadi berkurang. Rahayu *et al.*, (2005) berpendapat bahwa eksplan yang ditanam dalam media selektif dengan penambahan PEG diharapkan memberikan respon yang sama dengan tanaman yang mengalami cekaman kekeringan. Evaluasi untuk menentukan respon planlet apel terhadap cekaman PEG dalam media kultur jaringan perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam penggunaan PEG terhadap percepatan *hardening* planlet. Penggunaan konsentrasi PEG dipilih berdasarkan dari hasil penelitian Maftuchah dan Zainudin (2015) pada seleksi tanaman jarak pagar yang toleran terhadap kekeringan secara *in vitro*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan PEG terhadap percepatan *hardening* dan mendapatkan konsentrasi yang optimal dalam upaya perbaikan morfologi planlet apel hiperhidrisitas.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium kultur jaringan BALITJESTRO, pada bulan April-Juli 2018. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap yang terdiri dari 6 perlakuan meliputi PEG 0 g l<sup>-1</sup> (tanpa PEG), PEG 1 g l<sup>-1</sup>, PEG 3 g l<sup>-1</sup>, PEG 5 g l<sup>-1</sup>, PEG 7 g l<sup>-1</sup>, dan PEG 9 g l<sup>-1</sup>. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali dengan jumlah eksplan 5 planlet/ botol. Variabel yang diamati meliputi persentase planlet hidup, perubahan morfologi dan perubahan warna daun (kriteria berdasarkan *RHS colour chart*, 2015). pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Data pengamatan warna daun dijadikan sebagai indikator kandungan klorofil dalam planlet dan disajikan dalam bentuk gambar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh PEG terhadap Persentase Jumlah Planlet yang hidup

Berdasarkan dari hasil penelitian bahwa pemberian konsentrasi PEG berpengaruh terhadap persentase jumlah planlet yang hidup pada umur pengamatan 56 HSK sampai dengan 84 HSK. Pemberian konsentrasi PEG 0 sampai dengan 5 g l<sup>-1</sup> tidak berpengaruh nyata terhadap persentase jumlah planlet yang hidup, sedangkan pemberian konsentrasi PEG 7 dan 9 g l<sup>-1</sup> menurunkan persentase jumlah planlet yang hidup pada umur pengamatan 56 dan 70 HSK. Konsentrasi PEG 1 g l<sup>-1</sup> berpengaruh nyata terhadap persentase jumlah planlet jika dibandingkan dengan PEG 3 g l<sup>-1</sup> sampai dengan 9 g l<sup>-1</sup>, sedangkan pada perlakuan kontrol tidak menghasilkan beda nyata. Persentase jumlah planlet yang hidup didapatkan hasil tertinggi 100% pada perlakuan kontrol dan perlakuan konsentrasi PEG 1 g l<sup>-1</sup> diakhir pengamatan (Tabel 1).

Pada perlakuan kontrol planlet dapat bertahan hidup hingga 100% karena kondisi

kebutuhan air planlet dapat terpenuhi, sedangkan pada perlakuan konsentrasi PEG 1 g l<sup>-1</sup> masih dapat bertahan hidup hingga 100% karena konsentrasi PEG yang diberikan tergolong rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan potensial air dalam media yang terikat oleh PEG masih dalam jumlah yang sedikit, sehingga kebutuhan air masih tercukupi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Sumarjan dan Hemon (2009) pada kacang tanah, perlakuan kontrol (PEG 0) tidak terjadi penghambatan, sedangkan pertumbuhan eksplan yang membentuk embrio somatik berkisar 95-98%..

Perlakuan konsentrasi PEG 1 g l<sup>-1</sup> dan kontrol menghasilkan persentase jumlah planlet yang hidup lebih tinggi yaitu 100%, sedangkan pada perlakuan konsentrasi lebih tinggi menghasilkan persentase planlet hidup lebih rendah. Perlakuan konsentrasi PEG sampai dengan 9 g l<sup>-1</sup> dapat menurunkan persentase jumlah planlet yang hidup hingga 76% diakhir pengamatan (Tabel 1). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Zuyasna *et al.* (2016) pada seleksi kedelai kipas merah bahwa persentase benih yang tidak berkecambah dalam medium MS yang diberikan PEG meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi PEG.

Konsentrasi PEG 20% menyebabkan kematian benih sebesar 90,25%, sedangkan pada konsentrasi PEG 5% dan 10% persentase kematian benih hanya 6% dan 26,25% (Zuyasna *et al.*, 2016). Hal tersebut menunjukkan respon yang sama terhadap persentase jumlah planlet yang hidup seiring meningkatnya konsentrasi PEG yang diberikan.

Tabel 1. Data rerata persentase jumlah planlet yang hidup

|          | % Planlet Hidup (%) pada Umur |        |        |        |
|----------|-------------------------------|--------|--------|--------|
|          | 42 HSK                        | 56 HSK | 70 HSK | 84 HSK |
| 0        | 100                           | 100 c  | 100 b  | 100 c  |
| 1        | 100                           | 100 c  | 100 b  | 100 c  |
| 3        | 100                           | 100 c  | 100 b  | 92 bc  |
| 5        | 100                           | 100 bc | 96 b   | 88 abc |
| 7        | 92                            | 92 ab  | 88 ab  | 84 ab  |
| 9        | 88                            | 84 a   | 84 a   | 76 a   |
| BNT (5%) | tn                            | 10,65  | 11,67  | 13,05  |
| KK (%)   | 8,85                          | 8,50   | 9,44   | 11,11  |

Keterangan: angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 0,05; tn = tidak nyata; HSK = hari setelah kultur; KK = koefisien keragaman

Pemberian PEG pada media kultur tidak berpengaruh secara langsung pada eksplan, akan tetapi pertumbuhan planlet yang terhambat diakibatkan oleh kondisi potensial air yang semakin rendah karena kandungan air dalam media telah terikat oleh PEG. Kerusakan atau kematian tanaman karena penggunaan PEG dapat dianggap sebagai efek kekeringan, bukan efek dari senyawa PEG langsung karena PEG tidak diserap oleh tanaman (Hapsari *et al.*, 2017).

Perlakuan PEG berpengaruh terhadap tingkat toleransi planlet dalam kondisi cekaman kekeringan yang secara langsung berhubungan dengan persentase jumlah planlet hidup. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, menghasilkan persentase jumlah planlet hidup yang semakin rendah. Menurut Sumarjan dan Hemon (2009), meningkatnya konsentrasi PEG dalam media selektif juga menyebabkan peningkatan penghambatan pertumbuhan embrio somatik pada kacang tanah. Eksplan yang hidup menunjukkan toleransi terhadap penurunan potensial air dalam media, sedangkan eksplan yang mati menunjukkan kepekaan terhadap perlakuan konsentrasi PEG. Hapsari *et al.* (2017) berpendapat bahwa kemampuan PEG dalam menghidrasi jaringan tanaman dapat

berfungsi sebagai *screening in vitro* sehingga mampu menyeleksi variasi berbagai tanaman dengan tingkat toleransi kekeringan yang lebih baik.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan eksplan dalam menghasilkan planlet apel yang toleran terhadap cekaman kekeringan akibat pemberian konsentrasi PEG. Pengujian toleransi planlet apel terhadap cekaman kekeringan dijadikan sebagai pendugaan terhadap keberhasilan aklimatisasi yang dilakukan secara *in vitro*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan PEG sebagai agen penyeleksi pada fase *hardening* planlet apel berpengaruh positif dengan pertumbuhan planlet. Pada percobaan ini menunjukkan bahwa planlet apel memiliki sifat toleransi terhadap cekaman kekeringan pada pemberian konsentrasi PEG 5 g l<sup>-1</sup>. Hal tersebut didukung dengan hasil analisis persentase jumlah planlet yang hidup pada perlakuan konsentrasi PEG 5 g l<sup>-1</sup> yang menghasilkan 88% planlet hidup diakhir pengamatan (Tabel 1). Oleh karena itu, perlakuan tersebut dijadikan sebagai seleksi planlet apel yang toleran terhadap cekaman kekeringan.

### **Pengaruh PEG terhadap Perubahan Morfologi Planlet Apel sebagai Indikator Kecepatan *Hardening***

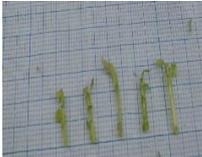
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan PEG berpengaruh terhadap tingkat percepatan *hardening* planlet apel akibat hiperhidrisitas (Tabel 2). Pada umur pengamatan 14 HSK planlet apel yang dikultur pada media dengan penambahan PEG mulai menunjukkan perbaikan morfologi. Perubahan morfologi tersebut dicirikan pada batang eksplan yang menunjukkan lebih kuat dari sebelumnya. Disisi lain juga terjadi perubahan pada daun yang sebelumnya lebih kecil dan menggulung keatas menghasilkan daun yang lebih lebar dan mulai berubah warna menjadi lebih tua. Tujuan utama melakukan percepatan *hardening* merupakan langkah awal sebelum eksplan dipindahkan pada kondisi *ex vitro*. *Hardening* bisa juga disebut sebagai pra-aklimatisasi atau aklimatisasi yang dilakukan secara *in vitro*. Dalam perbanyakan kultur jaringan aklimatisasi merupakan tahap yang sangat penting karena penyesuaian dari kondisi *in vitro* ke kondisi *ex vitro* (Singh *et al.*, 2017).

Efektifitas PEG untuk menduga respon planlet apel terhadap cekaman kekeringan secara *in vitro* telah diuji dengan mengevaluasi kemampuannya untuk mempercepat *hardening*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi PEG efektif untuk menirukan kondisi cekaman kekeringan pada planlet apel hiperhidrisitas. Pengujian *hardening* ini dapat dijadikan sebagai solusi dalam proses pra-aklimatisasi eksplan yang dilakukan secara *in vitro*. Harapannya dengan perlakuan cekaman kekeringan eksplan akan menyesuaikan dalam kondisi potensial air yang lebih rendah, sehingga stress yang ditimbulkan saat aklimatisasi tidak

berlebihan. PEG berperan dalam tingkat percepatan *hardening* karena dapat mengikat air dalam media kultur, sehingga air yang terserap oleh eksplan tidak berlebihan. Induksi cekaman kekeringan yang paling populer dan banyak dilakukan peneliti adalah dengan menggunakan PEG, karena bersifat tidak meracuni eksplan (Said *et al.*, 2015). Dengan demikian PEG dapat mengendalikan air yang berlebih sehingga tujuan *hardening* tercapai dengan perlakuan simulasi cekaman kekeringan.

Hubungan antara PEG dengan cekaman kekeringan adalah PEG berfungsi untuk mengikat air dalam media dan menimbulkan efek seperti cekaman kekeringan yang terjadi di lapang. Hubungan tersebut telah menghasilkan pengaruh positif terhadap perbaikan morfologi planlet apel dari kondisi hiperhidrisitas menuju *hardening*. Secara tidak langsung efek cekaman kekeringan pada perlakuan berhubungan erat dengan tingkat percepatan *hardening* eksplan. Hal tersebut disebabkan perlakuan efek cekaman kekeringan yang ditimbulkan menyebabkan air dalam media tidak sepenuhnya dapat diserap oleh eksplan. Oleh karena itu, efek cekaman kekeringan dapat mengendalikan air yang berlebihan, sehingga eksplan tidak menyerap air terlalu banyak. Dengan demikian secara perlahan perbaikan morfologi planlet apel hiperhidrisitas dapat teratasi dengan cara meningkatkan percepatan *hardening*. Hasil penelitian Barraco *et al.* (2012) bahwa kesuksesan mengatasi vitrifikasi (hiperhidrisitas) dapat dilakukan dengan menggunakan perlakuan percobaan yang bisa mengakibatkan dehidrasi. Oleh karena itu, efek cekaman kekeringan dapat dijadikan sebagai solusi untuk meningkatkan percepatan *hardening*.

Tabel 2. Perubahan morfologi planlet apel hiperhidrisitas dalam percepatan hardening menggunakan PEG

| Konsentrasi PEG (g l <sup>-1</sup> ) | Perubahan Morfologi Planlet Apel  |  |
|--------------------------------------|---|--|
|                                      | Hiperhidrisitas umur 0  | Mulai <i>hardening</i> umur 14 HSK   |
| 0                                    |    |    |
| 1                                    |    |    |
| 3                                    |    |    |
| 5                                    |   |   |
| 7                                    |  |  |
| 9                                    |  |  |

Keterangan: HSK: hari setelah kultur; umur 0 HSK menunjukkan planlet hiperhidrisitas.

### Pengaruh PEG terhadap Perubahan Warna Daun Planlet sebagai Indikator Kandungan Klorofil

Perlakuan konsentrasi PEG 0 sampai dengan 9 g l<sup>-1</sup> berpengaruh terhadap perubahan warna daun planlet akibat hiperhidrisitas. Pada masing-masing perlakuan konsentrasi PEG secara berurutan menghasilkan warna yang berbeda baik pada permukaan daun bagian atas maupun bagian bawah. Pengamatan perubahan warna daun planlet dijadikan

sebagai indikator kandungan klorofil pada daun. Semakin gelap warna hijau daun menunjukkan semakin tinggi kandungan klorofilnya. Warna daun paling pekat yakni 139 hijau kekuningan gelap A ditunjukkan pada pemberian konsentrasi PEG 3 g l<sup>-1</sup> (Tabel 3). Pengamatan warna daun menggunakan standar *colour chart* dari *royal hortikultura society* (RHS) yang dilakukan diakhir percobaan. Pada pemberian konsentrasi PEG 3 g l<sup>-1</sup> menampakkan warna hijau daun lebih gelap/tua. Menurut

Sumenda *et al.* (2011) kandungan klorofil pada daun hijau kekuningan 32% lebih tinggi dari pada daun warna hijau muda dan kandungan klorofil pada daun warna hijau tua 72% lebih banyak daripada daun warna hijau muda. Klorofil ialah pigmen berwarna hijau yang terletak didalam kloroplas dan kloroplas berfungsi sebagai tempat fotosintesis.

Secara umum tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan mengalami pertumbuhan yang tidak normal seperti tumbuh kerdil. Selain itu juga dapat mempengaruhi laju fotosintesis, hal ini disebabkan air sangat berperan penting dalam proses fotosintesis. Menurut Kurniasari *et al.* (2010) tanaman yang mengalami kekurangan air secara umum mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. Perlakuan PEG dalam media kultur memberikan efek yang sama seperti perlakuan cekaman kekeringan di lapang. Senyawa PEG dapat mengikat air dalam media sehingga dapat menurunkan potensial air dalam media. Dengan demikian perlakuan PEG dapat dijadikan sebagai simulasi cekaman kekeringan pada planlet apel yang mengalami hiperhidrisitas. Pancaningtyas (2013) menjelaskan bahwa hiperhidrisitas ialah kelainan fisiologis yang menyerapnya dan mengolah bersama dengan karbondioksida dan air sehingga menghasilkan glukosa dan oksigen. Ai dan Banyo (2011) menjelaskan bahwa tiga fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis adalah memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO<sub>2</sub> untuk menghasilkan karbohidrat dan menyediakan energi bagi ekosistem secara keseluruhan. Perlakuan PEG menyebabkan penurunan potensial air dalam media, sedangkan air diperlukan pada proses fotosintesis. Kurangnya ketersediaan air akan menghambat sintesis klorofil pada daun akibat laju fotosintesis yang menurun

serta terjadinya peningkatan suhu dan transpirasi yang menyebabkan desintegrasi klorofil (Hendriyani dan Setiari, 2009).

Tabel 3. Perubahan warna daun sebagai indikator kandungan klorofil

| Konsentrasi PEG (gl <sup>-1</sup> ) | Warna Daun Umur 84 HSK        |   |
|-------------------------------------|-------------------------------|---|
|                                     | Daun Bagian Atas              | Dokumentasi   |
| 0                                   | 144 hijau kekuningan kuat A   |    |
| 1                                   | N134 hijau kekuningan gelap A |    |
| 3                                   | 139 hijau kekuningan gelap A  |   |
| 5                                   | 136 hijau kekuningan gelap B  |  |
| 7                                   | 137 hijau zaitun sedang A     |  |
| 9                                   | 143 hijau kekuningan kuat A   |  |

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan PEG berpengaruh terhadap perubahan morfologi sebagai tingkat kecepatan *hardening* planlet apel akibat hiperhidrisitas pada umur 14 HSK dengan ciri-ciri batang mulai mengeras, daun membuka sempurna dan berwarna hijau lebih tua. Perubahan paling cepat

Ruwyatul Maslukah, Pengaruh Polyethylene Glycol ...

didapatkan pada perlakuan konsentrasi PEG 5 g l<sup>-1</sup>.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Balai Dr. Ir. Muhammad Taufiq Ratule M.Si yang sudah menyediakan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N.S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains* 11(2):166-173.
- Badan Pusat Statistika. 2015. Statistika Produksi Hortikultura Tahun 2015. Direktorat Jenderal Hortikultura. Kementrian Pertanian.
- Barraco, G., P. Chatelet, E. Balsemin, T. Decourcelle, I. Sylvestre, and F. Engelmann. 2012. Cryopreservation of *Prunus cerasus* Through Vitrification and Replacement of Cold Hardening with Precultue on Medium Enriched with Sucrose and/or Glycerol. *Journal Scientia Horticulturae* 148(2012):104-108.
- Hapsari, B. W., A. F. Martin, Rudiyanto, dan T. M. Ermayanti. 2017. Perlakuan Polyethylene Glycol secara In Vitro terhadap Pertumbuhan Tunas Mutan Taka untuk Seleksi Toleran Kekeringan. Prosiding Seminar Nasional 2017. 262-271.
- Hendriyani, I. S. dan N. Setiari. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. *Jurnal Sains dan Matematika*. 17(3):145-150.
- Kurniasari, A. M., Adisyahputra dan R. Rosman. 2010. Pengaruh Kekeringan pada Tanah Bergaram NaCl terhadap Pertumbuhan Tanaman Nilam. *Bulletin Litro*. 21(1):18-27.
- Maftuchah dan A. Zainudin. 2015. In Vitro Selection of *Jatropha curcas* Linn. Hybrids Using Polyethylene Glycol to Obtain Drought Tolerance Character. *Journal Procedia Chemistry*. 14(2015):239-245.
- Martinez, L.R. and G.J.D. Klerk. 2010. Hyperhydricity in Planlet Tissue Culture Drowning from Within. International Seed Federation.
- Pancaningtyas, S. 2013. Evaluasi Kuantitas dan Hiperhidrisitas Embrio Somatik Kakao Pada Kultur Padat, Kultur Cair, dan Subkultur Beruntun. *Pelita Perkebunan*. 29(1):10-19.
- Rahayu, E. S., Edi, G., Satriyas, I. dan Sudarsono. 2005. *Polyethylene glycol* (PEG) Dalam Media In Vitro Menyebabkan kondisi Cekaman Yang Menghambat Tunas Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Berkala Penelitian Hayati*. 11(2005):39-48.
- Royal Horticultural Society. 2015. RHS Colour Chart Sixth Edition. London SW1P 2PE, UK. RHS Media, Royal Horticultural Society, 80 Vincent Square. www.rhs.org.uk.
- Said, E.M., R.A. Mahmoud, R.A. Akshar, and G. Safwat. 2015. Drought Stress Tolerance and Enhancement of Banana Planlets In Vitro. *Austin Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 2(2):1040.
- Singh V.K., V.M. Prasad, S. Kumari, P. Rajoria, P. Mirsa. 2017. Identification of the Suitable Hardening Protocol and Hardening Medium in Micropropagation of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus). *Int. Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(7):2476-2484.
- Sumarjan dan A. F. Hemon. 2009. Efektivitas Polietilena Glikol dan

Ruwiyatul Maslukah, Pengaruh Polyethylene Glycol ...

Manitol sebagai Agens Penyeleksi *In Vitro* untuk Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Embrio Somatik Kacang Tanah. *Jurnal Crop Agro*. 2(1):30-36.

Sumenda, L., H. L. Rampe dan F. R. Mantiri. 2011. Analisis Kandungan Klorofil Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) pada Tingkat Perkembangan yang Berbeda. *Jurnal Bioslogos*. 1(1):20-24.

Zuyasna, Effendi, Chairunnas dan Arwin. 2016. Efektivitas Polietilen Glikol sebagai Bahan Penyeleksi Kedelai Kipas Merah Bireun yang Diradiasi Sinar Gamma untuk Toleransi terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Floratek*. 11(1):66-74.

Firon, N., D. LaBonte, A. Villordon, C. McGregor, Y. Kfir, and E. Pressman. 2009. Botany and physiology: storage root formation and development. p. 13–26. In Loebenstein, G., Thottappilly, G. (eds.), *The Sweetpotato*. Springer Netherlands.

Viner, D. J. I. L. Morison, and C. Wallace. 2006. Recent and future climate change and their implications for plant growth. p. 1–16. In Morison, J. I. L., Morecroft, M. D. *Plant Growth and Climate Change*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.