

**Perlakuan Konsentrasi Poli Etilen Glikol terhadap Pertumbuhan Tunas *In Vitro* Talas Bentul (*Colocasia esculenta* L. Schott) Tetraploid dan Perbanyakannya untuk Seleksi Toleran Kekeringan**

**[The Treatment of Polyethylene Glycol Concentrations on *in vitro* Growth of Tetraploid Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) and Its Propagation for Selection of Drought Tolerant]**

**Muhammad Susetio<sup>1</sup>, Darda Efendi<sup>1</sup>, & Laela Sari<sup>2\*</sup>**

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia.  
Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong, 16911, Jawa Barat, Indonesia  
\*Email : laelasari@yahoo.com; muhammad\_susetio@apps.ipb.ac.id

**Memasukkan:** September 2018, **Diterima:** Januari 2019

**ABSTRACT**

Bentul taro (*Colocasia esculenta*) is one of taro cultivar which has high productivity. Genetic improvement has been done by obtaining tetraploid taro. Drought tolerant cultivars can be achieved by addition of poly ethylene glycol (PEG) *in vitro*. The purpose of this study was to determine the effect of the treatment of PEG concentrations on *in vitro* growth of tetraploid shoots and to propagate shoots after PEG treatment. The explants used were diploid taro shoots, tetraploid clones 2.1.2 and 2.4.2. Shoots were planted in MS media without PEG and with PEG of 5, 10 and 15%. The growth parameters observed were petiole length, number of leaves, and number of roots every week for 6 weeks. Proline content and LC<sub>50</sub> values were analyzed at 6 weeks after planting. Propagation of shoots after PEG treatment was carried out on MS media containing 2 mg / L BAP, 1 mg / L thiamine, and 2 mg / L adenine. Each treatment consisted of 15 shoots as replicates. The growth parameters observed were petiole length, number of leaves, and number of shoots every week for 6 weeks. The results showed that Bentul taro clones significantly affected the concentration of PEG on growth parameters. LC<sub>50</sub> value of diploid clone was 12.16%, clone 2.1.2 was 13.54%, and clone 2.4.2 was 12.74%. The highest proline content was found at Bentul tetraploid clone 2.1.2. After PEG treatment, growth was significantly affected by PEG concentrations. All Bentul taro clones after PEG treatment produced multiple shoots.

**Keywords:** Taro (*Colocasia esculenta*), *in vitro* selection, diploid, tetraploid, proline, LC<sub>50</sub>, propagation

**ABSTRAK**

Talas Bentul (*Colocasia esculenta*) adalah salah satu kultivar talas yang mempunyai produktivitas tinggi. Perbaikan genetik telah dilakukan dengan mendapatkan talas Bentul tetraploid. Untuk mendapatkan kultivar toleran kekeringan dapat dilakukan dengan menggunakan poli etilen glikol (PEG) secara *in vitro*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan konsentrasi PEG terhadap pertumbuhan tunas *in vitro* talas Bentul tetraploid dan perbanyak tunas hasil seleksi PEG. Eksplan yang digunakan adalah tunas talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan klon 2.4.2. Tunas ditanam pada media MS dengan perlakuan PEG konsentrasi 0, 10, dan 15%. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah panjang petiol, jumlah daun, dan jumlah akar umur 0-6 minggu setelah tanam. Kandungan prolin dan nilai LC<sub>50</sub> dianalisis saat tunas berumur 6 minggu setelah tanam. Perbanyak tunas setelah perlakuan PEG dilakukan pada media MS yang mengandung 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin. Tiap perlakuan terdiri atas 15 tunas sebagai ulangan. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah panjang petiol, jumlah daun, dan jumlah anakan umur 0-6 minggu setelah tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon talas Bentul yang diberi cekaman PEG menghambat pertumbuhan. Nilai LC<sub>50</sub> klon diploid adalah 12,16%, klon 2,1.2 sebesar 13,54 %, dan klon 2.4.2 sebesar 12,74%. Kandungan prolin tertinggi terdapat pada talas Bentul tetraploid klon 2.1.2. Klon talas Bentul setelah perlakuan PEG berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan. Semua klon talas Bentul setelah perlakuan PEG dapat menghasilkan anakan.

**Kata Kunci:** Talas (*Colocasia esculenta*), seleksi *in vitro*, diploid, tetraploid, prolin, LC<sub>50</sub>, perbanyak.

**PENDAHULUAN**

Talas (*Colocasia esculenta*) merupakan salah satu komoditi umbi-umbian yang berguna untuk menunjang diverifikasi pangan di Indonesia (Hartati *et al.* 2003). Talas Bentul adalah salah

satu kultivar unggul yang mempunyai produktivitas tinggi dibandingkan dengan kultivar lainnya seperti Mentega, Sutera, dan Kaliurang (Prana & Kuswara 2002). Bobot umbi talas Bentul adalah sebesar 0,5-3 kG dengan umur panen 7 bulan. Umbinya mengandung 80% pati, 13,18%

kadar air, 5,55% amilosa, dan 74,45% amilopektin. Dengan kandungan pati lebih dari 75% tersebut maka umbi talas Bentul dapat memenuhi standar mutu industri sebagai bahan pangan alternatif seperti pati jagung, beras dan singkong (Rahmawati dkk., 2012).

Tanaman talas dapat dibudidayakan pada dataran menengah 400 m dpl hingga dataran tinggi 1.000 m dpl. Tanaman ini tumbuh subur pada kondisi tanah gembur yang kaya unsur organik. Talas juga dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah seperti tanah lempung, tanah vulkanik, andosol, dan latosol. Produksi umbi talas Bentul adalah sebesar 2.8 ton/Ha pada kondisi pH tanah 5,5-6,5 (Prana & Kuswara 2002). Kelemahan talas adalah tidak tahan serangan penyakit hawar daun dan agak rentan terhadap penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. (Prana & Kuswara 2002). Selama ini, talas diperbanyak secara vegetatif sehingga menyebabkan mempunyai keragaman genetik sempit (Martin *et al.* 2013). Salah satu upaya perbaikan genetik dengan tujuan memperluas keragaman genetik adalah dengan mendapatkan tanaman tetraploid secara *in vitro* dengan menggunakan larutan orizalin (Wulansari dkk. 2016).

Kekeringan umumnya banyak terjadi pada daerah dataran rendah antara 0-200 m dpl yang mempunyai curah hujan sangat kecil, yaitu 0-100 mm<sup>2</sup> per tahun. Permasalahan kekeringan perlu diatasi salah satunya dengan pengembangan kultivar toleran kekeringan, seperti pada Kacang Tanah (Rahayu & Sudarsono 2015), pada *Dendranthema nankingense* (Liu *et al.* 2011), dan tanaman Nilam (Widoretno 2016). Salah satu cara untuk mendapatkan kultivar toleran kekeringan yaitu dengan penggunaan larutan poli etilen glikol (PEG). Poli etilen glikol biasa dipergunakan untuk simulasi lingkungan cekaman kekeringan (Lestari 2006, Rao & Jabben 2013), dapat dilakukan secara *in vitro* karena dapat menurunkan potensial air media kultur jaringan secara homogen karena larut sempurna dalam air (Michel & Kaufmann 1973).

Penggunaan PEG sebagai agen seleksi kekeringan secara *in vitro* telah dilakukan pada beberapa jenis tanaman. Pada tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*), cekaman PEG diberikan pada kalus embriogenik konsentrasi 0, 5, 10, 15, dan 20% PEG. Hasilnya menunjukkan bahwa pada

cekaman 10% PEG sebanyak 24,29% kalus mengalami kematian, sedangkan pada 15% PEG sebanyak 73,57% kalus mengalami kematian. Kalus dengan cekaman 15% PEG dapat diregenerasikan menjadi planlet (Maftuchah & Zainudin 2015). Perlakuan cekaman PEG (0-25%) juga dilakukan pada kalus embriogenik tiga kultivar Kacang Tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 10% PEG bersifat letal hingga 40% pada salah satu kultivar, namun pada dua kultivar lainnya 15% PEG bersifat letal hingga 56%. Disimpulkan bahwa 15% PEG efektif untuk seleksi tanaman toleran kekeringan pada Kacang Tanah (Rahayu & Sudarsono 2015). Pada, kultur buku Terong (*Solanum melongena*) 15% PEG juga efektif untuk seleksi toleran kekeringan secara *in vitro* (Sinaga dkk. 2015), serta tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) (Suhesti 2015).

Penggunaan prolin sebagai indikator toleran kekeringan secara *in vitro* telah dilakukan pada beberapa jenis tanaman. Pada tanaman toleran kekeringan biasanya memiliki jumlah prolin tinggi apabila tanaman tersebut tercekam. Pada kalus yang diinduksi dari hipokotil pada empat kultivar tanaman Tomat (*Solanum lycopersicon*), yaitu Nora, PS-10, Peto, dan Roma diberi perlakuan cekaman PEG sebesar 0, 200, 270 and 295 g/L. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi cekaman PEG semakin tinggi kadar prolin. Kadar prolin pada kultivar Roma paling tinggi dibandingkan dengan ketiga kultivar lainnya (Aazami *et al.* 2010). Pada dua genotipe Canola (*Brassica napus*) cekaman PEG juga meningkatkan kadar prolin pada keduanya (Omidi 2010). Akumulasi prolin diduga berhubungan dengan kemampuan prolin yang bertindak sebagai osmoregulator untuk agen pelindung bagi enzim-enzim sitoplasma atau sebagai bahan simpanan untuk pertumbuhan setelah tanaman mengalami stress (Sopandie 2014).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan konsentrasi PEG terhadap pertumbuhan tunas *in vitro* talas Bentul diploid dan tetraploid, serta mengetahui pertumbuhan pada media perbanyakan hasil seleksi PEG secara *in vitro*.

## BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian ini menggunakan tunas *in vitro* talas Bentul berumur 2 bulan dari klon tetraploid

2.1.2, dan klon 2.4.2 serta klon diploid sebagai pembanding. Bahan tanaman merupakan koleksi Laboratorium Biak Sel dan Jaringan Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan. Percobaan pertama adalah perlakuan konsentrasi PEG 6000 sebesar 0, 5, 10, 15% pada media MS (Murashige & Skoog, 1962). Percobaan kedua adalah perbanyak tunas setelah perlakuan PEG pada media MS yang mengandung 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin.

Eksplan yang digunakan sebagai bahan untuk percobaan pertama adalah tunas *in vitro* dengan panjang petiol 1,5 cm. Sebanyak 3 eksplan ditanam pada setiap botol dengan masing-masing mempunyai 5 ulangan. Kultur dipelihara dalam ruang kultur dengan suhu 25-26 °C dan penyinaran dengan intensitas cahaya 1.000 lux selama 16 jam/hari. Parameter pertumbuhan yang diamati terdiri dari panjang petiol (cm), jumlah daun, dan jumlah akar diamati setiap minggu hingga umur 6 minggu. Presentase hidup tunas juga dicatat setiap minggu untuk menghitung nilai LC<sub>50</sub> menggunakan program *best curve fit analysis*.

Analisis prolin dilakukan pada minggu ke-6 berdasarkan metode Bates *et al.* (1973) dengan cara menimbang daun 0,5 G kemudian digerus menggunakan mortar lalu diekstraksi dengan asam 3% sulfosalisik sebanyak 10 mL kemudian disaring dengan saringan nilon 250 µM mesh di tabung reaksi. Sebanyak 2 mL filtrat direaksikan dengan 2 mL asam nihidrin dan 2 mL asam asetat glasial pada tabung reaksi selama 1 jam di pemanas air suhu 100 °C. Setelah 1 jam, larutan kemudian didinginkan di dalam refrigerator. Campuran tersebut kemudian diekstraksi dengan 4 mL toluen, dikocok selama 15 detik. Kadar prolin dihitung berdasarkan kurva standar konsentrasi prolin dengan rumus :  $[(\mu\text{G prolin}/\text{mL} \times \text{mL toluen}) / 115,5 \mu\text{G}/\mu\text{Mol}] / [(G \text{ sampel})/5] = \text{mol prolin} / G \text{ berat segar}$ .

Penelitian kedua adalah perbanyak tunas setelah perlakuan PEG pada media MS yang mengandung 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin (Wulansari dkk. 2013). Tunas *in vitro* dipotong menjadi ukuran 1,5 cm kemudian ditanam sebanyak 2 eksplan pada setiap botol. Kultur tunas diinkubasikan di dalam ruang kultur seperti pada percobaan satu. Parameter pertumbuhan yang diamati terdiri dari panjang

petiol (cm), jumlah daun, dan jumlah anakan. Pengamatan diamati setiap minggu selama 6 minggu.

## HASIL

### Pertumbuhan Tunas Pada Media dengan Perlakuan Konsentrasi PEG

Panjang petiol tunas Bentul diploid dan tetraploid yang ditanam pada media MS dengan perlakuan konsentrasi 0-15% PEG (Gambar 1) mempunyai pola pertumbuhan yang bervariasi. Pola pertumbuhan tunas pada media tanpa cekaman PEG (Gambar 1A) berbeda dibandingkan dengan konsentrasi 5% (Gambar 1B), 10% (Gambar 1C) dan 15% (Gambar 1D). Panjang petiol talas tetraploid klon 2.4.2, klon 2.1.2, dan diploid tanpa cekaman PEG menunjukkan pola pertumbuhan yang seragam hingga minggu ke-3. Pada minggu ke-4 hingga minggu ke-6 terjadi perbedaan pertumbuhan panjang petiol semua klon talas Bentul. Hasil pengamatan minggu ke-6 talas tetraploid klon 2.4.2 menunjukkan pertumbuhan panjang petiol lebih tinggi dibandingkan dengan klon 2.1.2 dan diploid (Gambar 1A, Tabel 1).

Pertumbuhan tunas talas pada cekaman 5% PEG menunjukkan bahwa panjang petiol semua klon talas Bentul mempunyai pola pertumbuhan yang seragam sampai minggu ke-2. Pada minggu ke-3 terjadi perbedaan pertumbuhan panjang petiol hingga minggu ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa talas tetraploid klon 2.4.2 mempunyai panjang petiol lebih tinggi dibandingkan dengan klon 2.1.2 dan diploid (Gambar 1B, Tabel 1).

Pengamatan tunas talas pada cekaman 10% PEG menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang petiol semua klon talas Bentul mempunyai pola yang sama hingga minggu ke-2. Pada minggu ke-3 hingga minggu ke-6 talas Bentul tetraploid klon 2.4.2 dan diploid mempunyai panjang petiol lebih tinggi dibandingkan dengan klon 2.1.2. Pada klon diploid dan tetraploid klon 2.4.2 mempunyai panjang petiol yang sama tingginya dibandingkan dengan klon 2.1.2 (Gambar 1C).

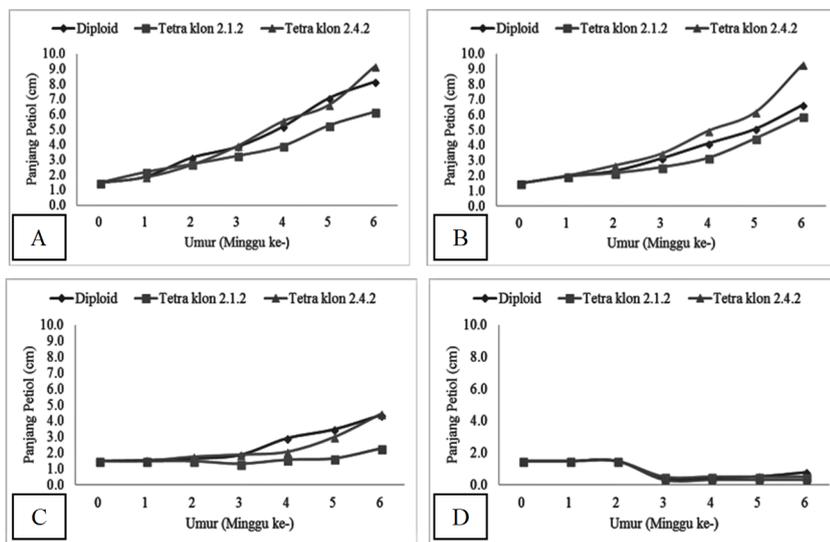
Pada perlakuan 15% PEG panjang petiol ketiga klon talas mempunyai pola pertumbuhan sama sampai minggu ke-2. Akan tetapi, pada minggu ke-3 terjadi penurunan panjang petiol

pada semua klon talas. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang petiol talas diploid lebih tinggi dibandingkan dengan klon 2.1.2 maupun klon 2.4.2 (Gambar 1D, Tabel 1).

Pertumbuhan jumlah daun klon talas Bentul pada minggu ke-1 hingga minggu ke-6 dapat dilihat pada Gambar 2. Pada perlakuan tanpa cekaman PEG jumlah daun semua klon talas mempunyai pola pertumbuhan sama hingga minggu ke-2. Pada minggu ke-3 hingga minggu ke-5 terjadi perbedaan pola pertumbuhan jumlah daun. Tetraploid klon 2.4.2 mempunyai jumlah

daun lebih banyak dibandingkan dengan klon diploid. Namun demikian, hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah daun talas tetraploid klon 2.1.2 lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.4.2 dan diploid (Gambar 2A, Tabel 1).

Pengamatan jumlah daun pada perlakuan 5% PEG menunjukkan bahwa jumlah daun semua klon mempunyai pola pertumbuhan sama hingga minggu ke-3. Pada minggu ke-4 terjadi penurunan jumlah daun pada talas tetraploid klon 2.1.2 kemudian pada minggu ke-5 hingga minggu ke-6 terjadi kenaikan jumlah daun lebih



**Gambar 1.** Rata-rata panjang petiol talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan tetraploid klon 2.4.2 pada media dengan perlakuan PEG (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, C. 10% PEG, dan D. 15% PEG)

**Tabel 1.** Panjang petiol, jumlah daun dan jumlah akar talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan tetraploid 2.4.2 umur 6 MST pada media MS yang mengandung 0-15% PEG

Konsentrasi PEG (%)	Diploid	Tetra 2.1.2	Tetra 2.4.2
<b>Panjang petiol</b>			
0	8,17 ± 0,80 <sup>a</sup>	6,18 ± 0,90 <sup>a</sup>	9,17 ± 0,60 <sup>a</sup>
5	6,44 ± 0,50 <sup>b</sup>	5,89 ± 0,60 <sup>a</sup>	9,28 ± 0,50 <sup>a</sup>
10	4,38 ± 0,70 <sup>c</sup>	2,29 ± 0,60 <sup>b</sup>	4,46 ± 0,60 <sup>b</sup>
15	0,79 ± 0,51 <sup>d</sup>	0,50 ± 0,14 <sup>c</sup>	0,33 ± 0,18 <sup>c</sup>
<b>Jumlah daun</b>			
0	2,75 ± 0,20 <sup>a</sup>	2,92 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,58 ± 0,15 <sup>a</sup>
5	2,33 ± 0,20 <sup>b</sup>	2,50 ± 0,20 <sup>b</sup>	2,25 ± 0,80 <sup>ab</sup>
10	1,83 ± 0,27 <sup>c</sup>	1,25 ± 0,33 <sup>c</sup>	1,50 ± 0,31 <sup>b</sup>
15	0,17 ± 0,11 <sup>d</sup>	0,67 ± 0,19 <sup>d</sup>	0,08 ± 0,08 <sup>c</sup>
<b>Jumlah akar</b>			
0	9,83 ± 1,00 <sup>a</sup>	13,08 ± 1,60 <sup>a</sup>	14,08 ± 0,82 <sup>a</sup>
5	7,08 ± 0,45 <sup>b</sup>	10,10 ± 1,00 <sup>b</sup>	13,92 ± 0,96 <sup>a</sup>
10	5,42 ± 1,27 <sup>b</sup>	4,83 ± 1,27 <sup>c</sup>	7,33 ± 2,12 <sup>b</sup>
15	0,83 ± 0,67 <sup>c</sup>	1,92 ± 0,36 <sup>d</sup>	1,00 ± 0,56 <sup>c</sup>

banyak dibandingkan dengan klon 2.4.2 dan diploid. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah daun talas tetraploid klon 2.1.2 lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.4.2 dan diploid (Gambar 2B, Tabel 1).

Pada cekaman 10% PEG menunjukkan bahwa jumlah daun semua klon mempunyai pola pertumbuhan yang sama pada minggu ke-1, sedangkan pada minggu ke-2 sampai minggu ke-6 terjadi perbedaan jumlah daun. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah daun talas diploid lebih banyak dibandingkan dengan tetraploid klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 (Gambar 2C, Tabel 1).

Pada cekaman 15% PEG menunjukkan bahwa jumlah daun semua klon mempunyai pola pertumbuhan yang sama dari minggu ke-1 sampai minggu ke-3 dan terjadi perbedaan jumlah daun pada minggu ke-4 sampai minggu ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah daun talas tetraploid klon 2.1.2 lebih banyak dibandingkan dengan tetraploid klon 2.4.2 dan diploid (Gambar 2D, Tabel 1).

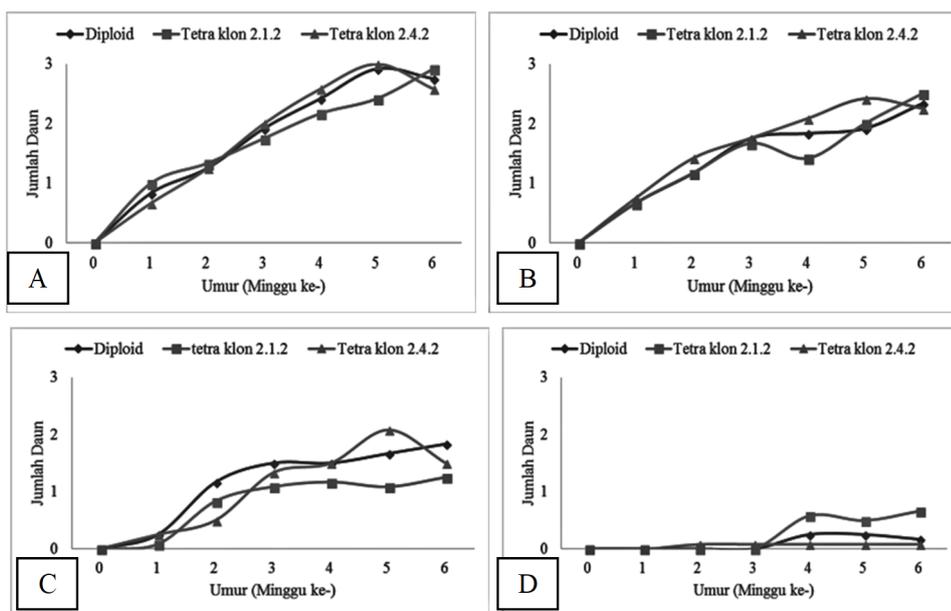
Akar talas Bentul mulai terbentuk dalam waktu yang bervariasi dari minggu ke-1 hingga minggu ke-6 (Gambar 3). Pengamatan jumlah akar tanpa cekaman PEG menunjukkan bahwa

setiap klon talas mempunyai pola pertumbuhan yang berbeda saat minggu ke-1. Pada minggu ke-2 hingga minggu ke-6 terlihat bahwa pertumbuhan akar mulai tidak seragam antar klon. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa tanpa cekaman PEG jumlah akar talas tetraploid klon 2.4.2 lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.1.2 dan diploid (Gambar 3A, Tabel 1).

Pada cekaman 5 dan 10% PEG menunjukkan bahwa jumlah akar antar klon talas mempunyai pola pertumbuhan berbeda pada minggu ke-2 hingga minggu ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah akar talas tetraploid klon 2.4.2 lebih banyak dibandingkan klon 2.1.2 dan diploid (Gambar 3B, 3C, Tabel 1). Pengamatan jumlah akar pada cekaman 15% PEG menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah akar antar klon talas mulai berbeda dari minggu ke-2 hingga minggu ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah akar talas tetraploid klon 2.1.2 lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.4.2 dan diploid (Gambar 3D, Tabel 1).

**Perhitungan LC<sub>50</sub> dan Analisis Prolin**

Nilai LC<sub>50</sub> pada minggu ke-6 menunjukkan



**Gambar 2.** Rata-rata jumlah daun talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan tetraploid klon 2.4.2 pada media dengan perlakuan PEG (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, C. 10% PEG, dan D. 15% PEG)

bahwa hasil tertinggi terdapat pada talas Bentul tetraploid klon 2.1.2 dan nilai terendah terdapat pada tanaman diploid (Tabel 2). Hasil analisis prolin yang dilakukan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa talas diploid mempunyai variasi kandungan prolin bahwa pada media tanpa cekaman PEG kandungan prolin serupa dengan cekaman 10% PEG. Kandungan ini lebih besar dibandingkan dengan kandungan prolin pada cekaman 5% PEG (Tabel 3). Pada talas tetraploid klon 2.1.2., kandungan prolin meningkat sesuai dengan konsentrasi cekaman 5 dan 10% PEG. Tanpa cekaman PEG, nilai prolin paling rendah. Sebaliknya, pada tetraploid klon 2.4.2, kandungan prolin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi cekaman PEG. Tanpa cekaman PEG, nilai prolin paling tinggi (Tabel 3).

**Pertumbuhan Klon Talas Bentul terhadap PEG umur 6 MST**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pada talas Bentul diploid, konsentrasi PEG berpengaruh terhadap panjang petiol. Semakin tinggi konsentrasi PEG, semakin rendah panjang petiol maupun jumlah daun. Pada jumlah akar, cekaman 5%

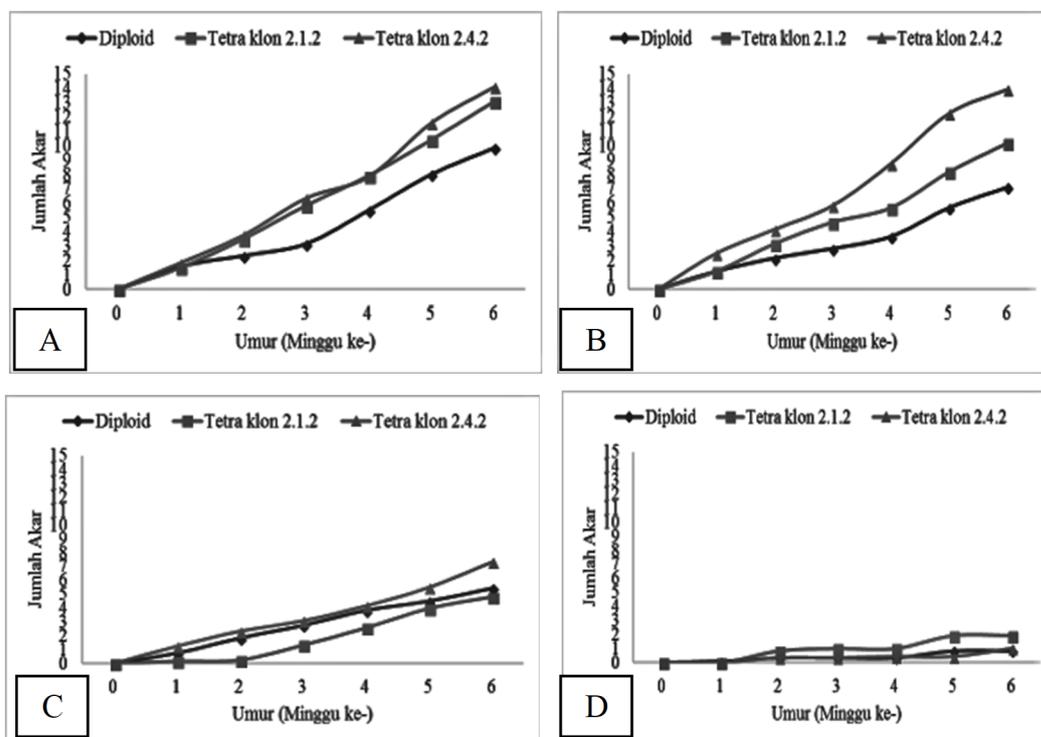
PEG berpengaruh nyata dibandingkan dengan tanpa PEG dan cekaman 10% PEG (Tabel 1). Pada talas tetraploid klon 2.1.2 dan klon 2.4.2, konsentrasi cekaman PEG memberikan pengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan, kecuali pada perlakuan tanpa PEG dan 5% PEG terhadap panjang petiol. Pada parameter jumlah daun dan jumlah akar semakin tinggi konsentrasi PEG, menurunkan pertumbuhannya (Tabel 1). Penampilan klon talas Bentul diploid dan tetraploid pada minggu ke-6 disajikan pada Gambar 4.

**Pertumbuhan Tunas Asal Hasil Seleksi PEG pada Media Perbanyakan**

Panjang petiol setelah perlakuan PEG pada media perbanyakan yaitu MS yang mengandung 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin ditunjukkan pada Gambar 5. Panjang petiol tanpa

**Tabel 2.** Nilai LC<sub>50</sub> talas Bentul diploid dan tetraploid

Klon	Nilai LC <sub>50</sub> (%)
Diploid	12,16
Tetraploid Klon 2.1.2	13,51
Tetraploid Klon 2.4.2	12,74



**Gambar 3.** Rata-rata jumlah akar talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan tetraploid klon 2.4.2 pada media dengan perlakuan (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, C. 10% PEG, dan D. 15% PEG).

perlakuan PEG menunjukkan pola pertumbuhan yang seragam hanya terjadi pada minggu ke-1. Pada minggu ke-2 hingga minggu ke-6 terjadi perbedaan pola pertumbuhan pada semua klon talas tetraploid dan diploid, kedua klon tetraploid mempunyai pertumbuhan yang sama, sedangkan klon diploid sedikit lebih tinggi (Gambar 5A). Pada minggu ke-6 hanya terjadi sedikit perbedaan panjang petiol (Tabel 4).

Talas Bentul tetraploid klon 2.1.2 yang berasal dari media dengan cekaman 5% PEG mempunyai panjang petiol yang tinggi pada minggu ke-1 sampai minggu 3, kemudian pada minggu ke-4 dan tetap hingga minggu ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang petiol talas diploid lebih tinggi dibandingkan dengan tetraploid klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 (Gambar 5B, Tabel 4).

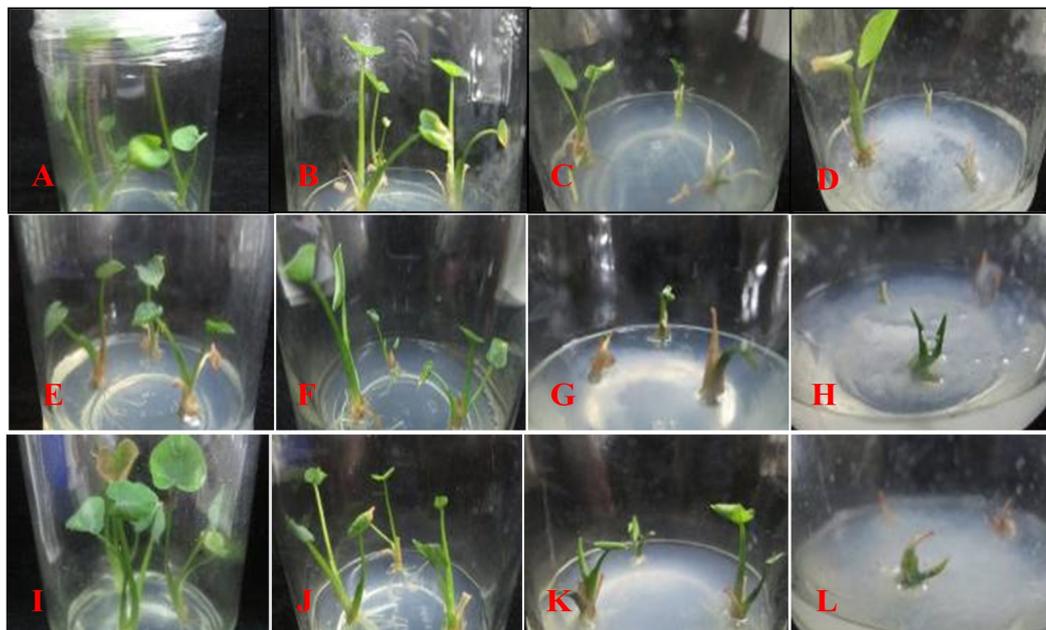
Pengamatan panjang petiol yang berasal dari cekaman 10% PEG menunjukkan bahwa ketiga klon talas mempunyai pola pertumbuhan yang sama sampai minggu ke-2, setelah itu, klon tetraploid 2.1.2. menurun pada minggu ke-3 dan ke-4 kemudian pertumbuhannya tetap hingga minggu ke-6. Pada minggu ketiga klon diploid mempunyai panjang petiol tertinggi

sampai minggu ke-6. Pola pertumbuhan tetraploid klon 2.4.2 lebih tinggi dibandingkan dengan klon 2.1.2 tetapi lebih rendah dari klon diploid (Gambar 5C, Tabel 4).

Pertumbuhan jumlah daun talas Bentul setelah perlakuan PEG umur 1-6 minggu tertera pada Gambar 6. Jumlah daun tanpa perlakuan PEG menunjukkan pola pertumbuhan yang sama pada minggu ke-2. Pada minggu ke-3 hingga minggu ke-6 terjadi perbedaan pola pertumbuhan pada semua klon talas tetraploid dan diploid. Pada minggu ke-5 terjadi penurunan pertumbuhan jumlah daun pada semua klon talas dan kemudian pertumbuhannya naik kembali pada minggu ke-6. Hasil pengamatan di minggu ke-6 menunjukkan bahwa jumlah daun

**Tabel 3.** Kadar prolin talas Bentul diploid dan tetraploid

Klon	Prolin ( $\mu\text{g}/\text{gr}$ )		
	PEG (0%)	PEG (5%)	PEG (10%)
Diploid	88,39	44,45	87,08
Tetraploid klon 2.1.2	1,83	23,47	48,39
Tetraploid klon 2.4.2	50,36	17,57	8,39



**Gambar 4.** Penampilan talas Bentul diploid dan tetraploid umur 6 minggu pada media MS dengan perlakuan PEG. (A. Diploid tanpa PEG, B. Diploid dengan 5% PEG, C. Diploid dengan 10% PEG, D. Diploid dengan 15% PEG, E. Tetraploid Klon 2.1.2 tanpa PEG, F. Klon 2.1.2 dengan 5% PEG, G. Klon 2.1.2 dengan 10% PEG, H. Klon 2.1.2 dengan 15% PEG, I. Klon 2.4.2 tanpa PEG, J. Klon 2.4.2 dengan 5% PEG, K. Klon 2.4.2 dengan 10% PEG, L. Klon 2.4.2 dengan 15% PEG)

talas tetraploid klon 2.4.2 lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.1.2 dan diploid (Gambar 6A, Tabel 4).

Pengamatan jumlah daun talas yang berasal dari cekaman 5% PEG menunjukkan pola pertumbuhan tidak seragam pada minggu ke-1. Pertumbuhan jumlah daun tetraploid klon 2.4.2 meningkat pada minggu ke-3 dan menurun pada minggu ke-5 sampai ke-6. Hasil pengamatan pada minggu ke-6

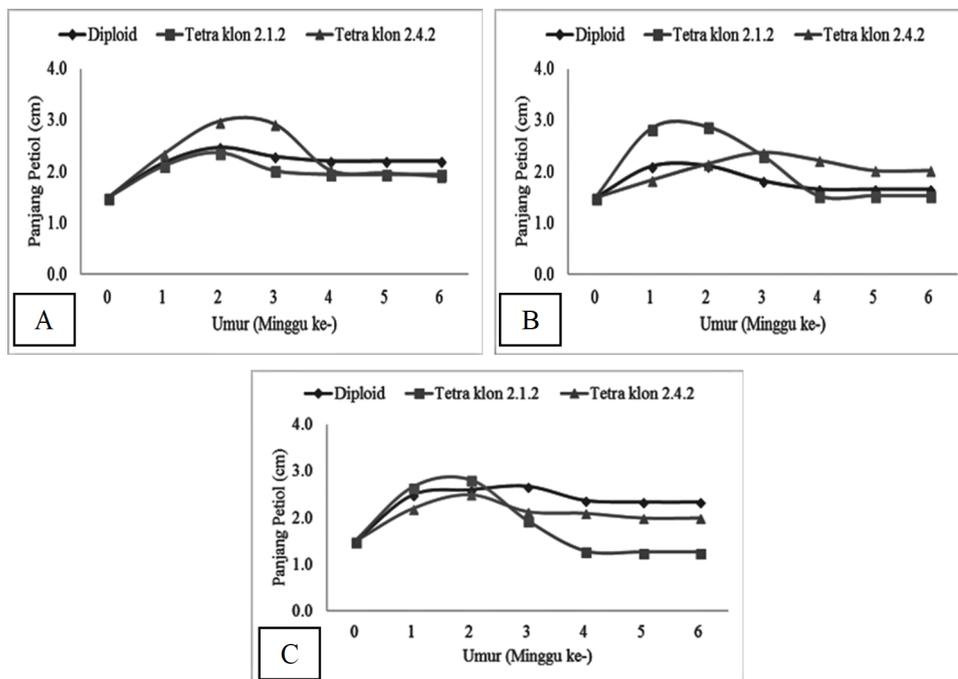
menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah daun talas klon diploid lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 (Gambar 6B, Tabel 4).

Pengamatan jumlah daun pada semua klon talas yang berasal dari cekaman 10% PEG menunjukkan pola pertumbuhan tidak sama dari minggu pertama. Pertumbuhan jumlah daun pada klon diploid meningkat hingga minggu ke-

**Tabel 4.** Panjang petiol, jumlah daun, dan jumlah tunas talas Bentul diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan tetraploid 2.4.2 hasil perlakuan PEG pada umur 6 MST yang ditanam pada media MS + 2 mg/L BAP + 1 mg/L Tiamin + 2 mg/L Adenin

Tunas Asal Hasil PEG (%)	Diploid	Tetra 2.1.2	Tetra 2.4.2
<b>Panjang petiol</b>			
0	2,21 ± 0,20 <sup>a</sup>	1,95 ± 0,70 <sup>a</sup>	1,91 ± 0,10 <sup>a</sup>
5	1,66 ± 0,30 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,16 <sup>a</sup>	2,03 ± 0,22 <sup>a</sup>
10	2,34 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,17 <sup>a</sup>	2,00 ± 0,21 <sup>a</sup>
<b>Jumlah daun</b>			
0	1,50 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,00 ± 0,38 <sup>a</sup>
5	1,13 ± 0,61 <sup>a</sup>	0,88 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,18 <sup>b</sup>
10	1,13 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,60 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,88 ± 0,23 <sup>b</sup>
<b>Jumlah anakan</b>			
0	1,50 ± 0,27 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,23 <sup>a</sup>	1,50 ± 0,19 <sup>a</sup>
5	1,30 ± 0,35 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,16 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,32 <sup>b</sup>
10	1,88 ± 0,52 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,26 <sup>b</sup>	1,13 ± 0,30 <sup>ab</sup>

**Keterangan:** Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan parameter pertumbuhan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P=0.05) hasil uji DMRT



**Gambar 5.** Rata-rata panjang petiol talas Bentul diploid, klon tetraploid 2.1.2, dan klon tetraploid 2.4.2 pada media MS + 2 mg/L BAP + 1 mg/L Tiamin + 2 mg/L Adenin asal tunas dari perlakuan (A. (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, dan C. 10% PEG)

4 dan menurun pada minggu ke-5 sampai ke-6. Pertumbuhan jumlah daun pada klon tetraploid 2.1.2 dan klon 2.4.2 lebih rendah dibandingkan dengan klon diploid pada minggu ke-3 sampai minggu ke-6. Hasil pengamatan di minggu ke-6 menunjukkan pertumbuhan jumlah daun talas diploid lebih banyak dibandingkan dengan tetraploid klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 (Gambar 6C, Tabel 4).

Pertumbuhan jumlah anakan talas Bentul setelah perlakuan PEG umur 1-6 minggu tertera pada Gambar 7. Pada perlakuan tanpa cekaman PEG jumlah anakan semua klon talas mempunyai pola pertumbuhan yang sama hingga minggu ke-2. Pada minggu ke-3 hingga minggu ke-6 terjadi penambahan jumlah anakan pada tetraploid klon 2.1.2 dan diploid. Pada minggu ke-3 tetraploid klon 2.4.2 terjadi penurunan dan pertumbuhannya sama sampai minggu ke-5 dan naik kembali pada minggu ke-6. Hasil pengamatan di minggu ke-6 menunjukkan pertumbuhan jumlah anakan talas tetraploid klon 2.4.2 dan diploid lebih banyak dibandingkan dengan klon 2.1.2 (Gambar 7A, Tabel 4).

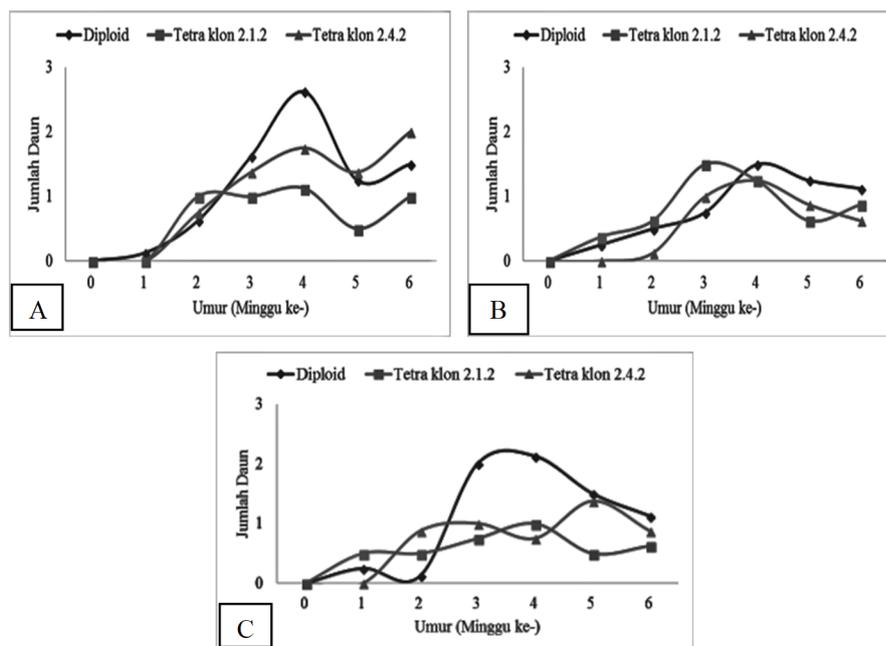
Pertumbuhan jumlah anakan yang berasal cekaman 5% PEG menunjukkan pola pertumbuhan sama pada minggu pertama dan terjadi perbedaan

pada minggu ke-2. Pada minggu ke-3 semua klon terjadi kenaikan pertumbuhan jumlah anakan hingga minggu ke-5 dan pertumbuhannya stabil hingga minggu ke-6. Pertumbuhan pada minggu ke-4 klon tetraploid 2.1.2 dan diploid mempunyai jumlah anakan lebih tinggi dibandingkan dengan tetraploid klon 2.4.2. Hasil pengamatan pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah anakan talas tetraploid klon 2.1.2 lebih banyak dibandingkan dengan diploid dan tetraploid klon 2.4.2 (Gambar 7B, Tabel 4).

Pengamatan jumlah anakan pada cekaman 10% PEG terhadap semua klon talas menunjukkan kenaikan sampai minggu ke-3 dan pertumbuhan stabil sampai minggu ke-6. Pada minggu ke-1 pertumbuhan jumlah anakan mengalami kenaikan hingga minggu ke-3 pada talas tetraploid klon 2.4.2, dan minggu ke-4 pada klon 2.1.2 dan diploid. Hasil pengamatan di minggu ke-6 menunjukkan pertumbuhan jumlah anakan talas diploid lebih banyak dibandingkan dengan tetraploid klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 (Gambar 7C, Tabel 4).

#### Pertumbuhan Tunas pada Media Perbanyakan Umur 6 MST

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pada



**Gambar 6.** Rata-rata jumlah daun talas Bentul diploid, klon tetraploid 2.1.2, dan klon tetraploid 2.4.2 pada media MS + 2 mg/L BAP + 1 mg/L Tiamin + 2 mg/L Adenin asal tunas dari perlakuan (A. (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, dan C. 10% PEG)

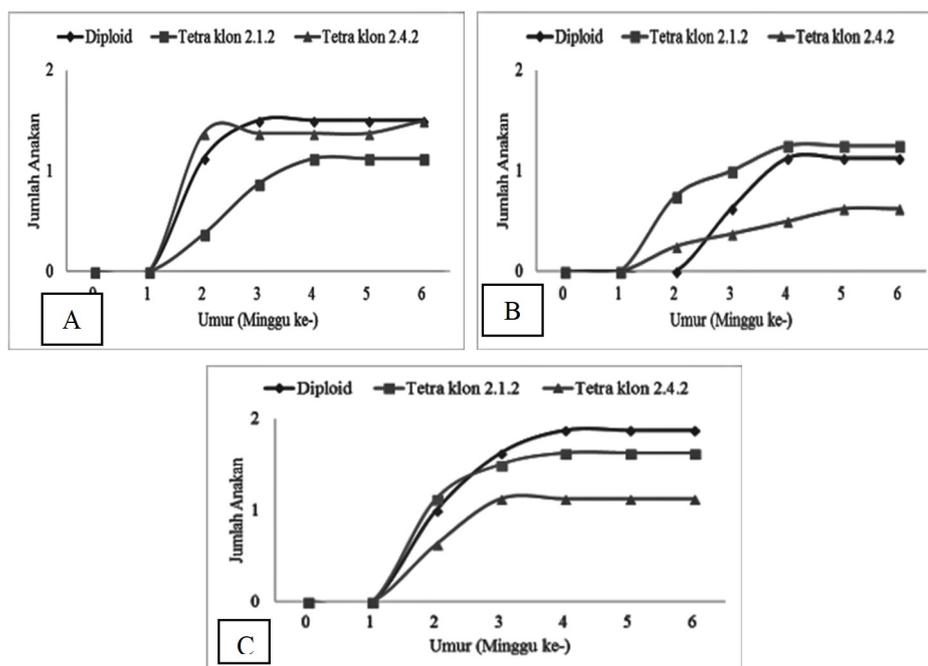
talas Bentul diploid, konsentrasi cekaman PEG berpengaruh terhadap panjang petiol yang berasal dari cekaman 5% PEG. Sedangkan pengamatan pada jumlah daun dan jumlah anakan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tunas yang berasal dari cekaman 0, 5, dan 10% PEG. Tunas yang berasal dari cekaman 10% PEG pada panjang petiol dan jumlah anakan mempunyai tinggi yang sama dengan tunas tanpa cekaman PEG, tetapi pada jumlah daun terjadi penurunan yang sama dengan tunas talas yang berasal dari cekaman 5% PEG (Tabel 4). Pada talas tetraploid klon 2.1.2 konsentrasi cekaman PEG tidak memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan panjang petiol, jumlah daun, dan jumlah anakan. Tunas talas yang berasal dari cekaman 5 dan 10% PEG terjadi penurunan pada panjang petiol dan jumlah daun, sedangkan pada jumlah anakan terjadi pertumbuhan anakan lebih banyak (Tabel 4). Pada talas tetraploid klon 2.4.2 konsentrasi PEG memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, sedangkan panjang petiol dan jumlah anakan tidak berpengaruh nyata. Tunas yang berasal dari cekaman 10% PEG terjadi penurunan

pertumbuhan jumlah daun dan jumlah anakan, sedangkan pada panjang petiol terjadi kenaikan pertumbuhan (Tabel 4). Penampilan klon talas Bentul diploid dan tetraploid pada minggu ke-6 disajikan pada Gambar 8.

### PEMBAHASAN

Perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG secara *in vitro* terhadap talas Bentul memberikan informasi bahwa klon talas diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan klon 2.4.2 mengalami penghambatan pertumbuhan. Konsentrasi PEG yang dapat digunakan sebagai seleksi kekeringan adalah 10 dan 15% (Tabel 1) disebabkan adanya pengaruh nyata untuk parameter pertumbuhan talas diploid, klon 2.1.2, dan klon 2.4.2. Hasil serupa dilaporkan oleh Sinaga dkk. (2015) pada tanaman Terung, bahwa konsentrasi 10 dan 15% PEG juga menghambat pertumbuhan. Penyerapan unsur hara yang lambat oleh karena adanya PEG pada media kultur menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tunas (Rao & Jabben 2013).

Pertumbuhan klon talas diploid, klon 2.1.2 dan klon 2.4.2 terhambat selama perlakuan



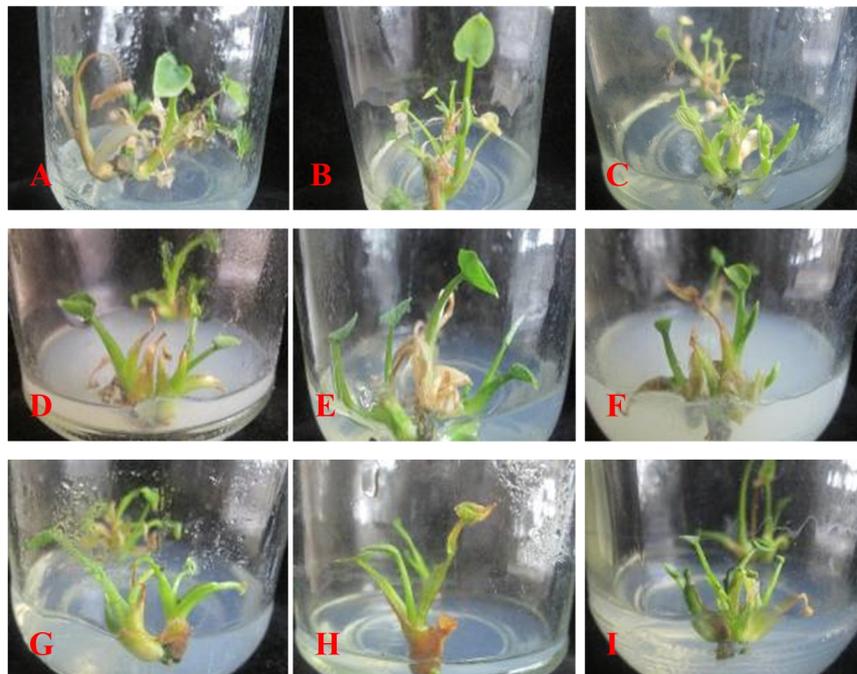
**Gambar 7.** Rata-rata jumlah tunas talas Bentul diploid, klon tetraploid 2.1.2, dan klon tetraploid 2.4.2 pada media MS + 2 mg/L BAP + 1 mg/L Tiamin + 2 mg/L Adenin asal tunas dari perlakuan (A. (A. tanpa PEG, B. 5% PEG, dan C. 10% PEG)

cekaman PEG (Gambar 1, 2, dan 3) dan pada media perbanyak (Gambar 5, 6, dan 7). Semakin tinggi konsentrasi PEG menyebabkan tanaman semakin lambat pertumbuhannya. Penelitian Omidi (2010) pada tanaman Canola dua genotipe Okapi dan RGS hasil seleksi *in vitro* toleran kekeringan menunjukkan bahwa tanaman yang berasal dari cekaman -1,5 MPa PEG mempunyai pertumbuhan daun yang terhambat dibandingkan cekaman -1,0 MPa PEG di rumah kaca. Hasil serupa pada penelitian Rahayu (2007) pada tanaman kacang tanah menunjukkan bahwa cekaman 15% PEG terjadi penghambatan ukuran daun menjadi roset. Dengan demikian perlu dilakukan aklimatisasi talas Bentul untuk mengetahui daya tumbuhnya setelah aklimatisasi. Sehingga diperoleh klon toleran kekeringan / tidak hanya di laboratorium, namun juga di rumah kaca (*ex vitro*).

Pada cekaman 15% PEG, pengamatan *in vitro* secara visual menunjukkan pada minggu pertama sampai minggu ke-4, bahwa pada talas Bentul diploid dan tetraploid terjadi penggulungan

daun, dan perubahan warna daun dari hijau menjadi hijau kekuningan. Pada minggu ke-5 dan ke-6 tumbuh daun baru yang hijau segar. Penelitian ini sesuai dengan laporan Rao & Jabben (2013) bahwa pada tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) setelah perlakuan 15% PEG, juga mengalami daun menguning, akan tetapi selanjutnya tumbuh daun segar dan pada minggu ke-8 mempunyai penampilan pertumbuhan terbaik. Begitu pula dengan penelitian Yunita dkk. (2015) pada tanaman padi (*Oryza sativa*) dan Rosawanti (2015) pada tanaman Kedelai (*Glycine max*) juga terjadi adanya *recovery* pertumbuhan setelah cekaman PEG. Hal ini menunjukkan adanya mekanisme toleran kekeringan yang bersifat *drought escape* yaitu kemampuan tanaman untuk melanjutkan siklus hidupnya.

Tanaman toleran kekeringan merupakan tanaman yang mampu mempertahankan potensial air di dalam membran sel tetap terjaga pada kondisi cekaman kekeringan. Nilai  $LC_{50}$  menunjukkan bahwa tunas talas Bentul diploid dan tetraploid klon 2.4.2 mengalami lebih



**Gambar 8.** Penampilan talas Bentul diploid dan tetraploid pada media MS + 2 mg/L BAP + 1 mg/L Tiamin + 2 mg/L Adenin pada umur 6 minggu. (A. Diploid tanpa PEG, B. Diploid tunas asal 5% PEG, C. Diploid tunas asal 10% PEG, (D. Klon 2.1.2 pada media tanpa PEG, E. Klon 2.1.2 tunas asal 5% PEG, F. Klon 2.1.2 tunas asal 10% PEG, G. Klon 2.4.2 tanpa PEG, H. Klon 2.4.2 tunas asal 5% PEG, I. Klon 2.4.2 tunas asal 10% PEG)

banyak kematian selama 6 minggu pengamatan dibandingkan dengan klon 2.1.2 (Tabel 2). Penelitian Sari (2015) pada gandum dengan perlakuan konsentrasi EMS (etil metil sulfonat) 0.3% juga menghasilkan nilai  $LC_{50}$  yang berbeda-beda tergantung dari kultivarnya yaitu pada kultivar Selayar mendapatkan  $LC_{50}$  pada perkiraan waktu 111.55 menit, pada kultivar Dewata sebesar 96.96 menit. Penentuan  $LC_{50}$  ini penting untuk metode alternatif untuk menentukan konsentrasi yang sesuai untuk menyeleksi, sehingga tidak perlu menggunakan banyak konsentrasi (Yunita, 2015).

Meningkatnya konsentrasi prolin merupakan indikator tanaman bersifat toleran kekeringan. Talas Bentul tetraploid klon 2.1.2 mempunyai konsentrasi prolin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi PEG (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa klon 2.1.2 toleran kekeringan secara *in vitro* sesuai dengan penelitian Zhang *et al.* (2011) pada tanaman Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), Rao & Jabben (2013) pada tanaman tebu dan Aazami *et al.* (2010) pada tomat. Talas Bentul diploid mempunyai kadar prolin yang berfluktuasi seiring dengan meningkatnya konsentrasi PEG, oleh karena itu pada penelitian ini klon diploid tidak dapat disimpulkan toleran kekeringan. Pada perlakuan tanpa cekaman, klon diploid mempunyai kadar prolin tinggi. Hasil penelitian serupa pada tanaman pisang genom AAA bahwa kandungan prolin tinggi juga diperoleh pada media tanpa cekaman PEG (Bidabadi *et al.* 2012). Pada tetraploid klon 2.4.2, kadar prolin menurun seiring dengan meningkatnya cekaman PEG (Tabel 3), hal ini menunjukkan bahwa klon ini tidak toleran kekeringan. Tunas yang tidak toleran kekeringan secara *in vitro*, telah dilaporkan pula oleh Martin *et al.* (2012) pada tanaman Taka (*Tacca leontopetaloides* (L.) Kuntze.), Rosawanti (2015) pada tanaman Kedelai (*Glycine max*) dan Yunita (2015) pada tanaman Padi (*Oryza sativa* L.).

Perbanyakan tunas hasil seleksi *in vitro* dengan PEG pada media MS yang mengandung 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin memberikan informasi bahwa klon talas diploid, tetraploid klon 2.1.2, dan klon 2.4.2, mampu berkembang biak membentuk anakan (Tabel 4). Adanya sitokinin pada media perbanyakan

memberikan pengaruh terhadap pembelahan sel sehingga dapat menghasilkan anakan. Kemampuan klon untuk menghasilkan anakan adalah respon regenerasi tunas baik dari perlakuan cekaman PEG maupun tanpa perlakuan PEG. Seperti yang disampaikan Rao & Jabben (2013) bahwa pada tanaman tebu media MS yang mengandung 2 mg/L kinetin dan 1 mg/L BAP terbaik untuk pembentukan anakan.

## KESIMPULAN

Perlakuan konsentrasi tanpa cekaman dan cekaman 5, 10, dan 15% PEG menghambat pertumbuhan tunas talas Bentul. Penggunaan media perbanyakan 2 mg/L BAP, 1 mg/L tiamin, dan 2 mg/L adenin menghasilkan jumlah anakan setelah seleksi *in vitro* cekaman PEG. Setelah perlakuan PEG secara *in vitro* didapat bahwa talas Bentul tetraploid klon 2.1.2. toleran kekeringan. Adapun tanaman talas Bentul diploid dan tetraploid klon 2.4.2 tidak toleran kekeringan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Tri Muji Ermayanti atas bimbingannya selama penelitian dan dalam penulisan paper ini. Ucapan terima kasih juga ditunjukkan kepada Aida Wulansari, M.Si, Rudiyanto, M.Si, Erwin Al Hafiih, M.Si atas diskusinya dan kepada Evan Maulana, S.Si dan Meta Irlianty atas bantuannya selama penelitian. Penelitian ini didanai oleh DIPA Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI tahun anggaran 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aazami MA, M. Torabi & E. Jalili. 2010. *In vitro* response of promising tomato genotypes for tolerance to osmotic stress. *African Journal of Biotechnology*. 9 (26):4014-4017.
- Bates, LS. RP. Waldren, & ID. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39 (1):205-207.
- Bidabadi SS, S. Meon, Z. Wahab, S. Subramaniam, M. Mahmood. 2012. *In vitro* selection

- and characterization of water stress tolerant lines among ethyl methanesulphonate (EMS) induced variants of Banana (*Musa* spp., with AAA genome). *Australian Journal of Crop Science*. 6(3):567-575.
- Hartati, NS., & MS. Prana. 2003. Analisis kadar pati dan serat kasar tepung beberapa kultivar talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoott). *Jurnal Natur Indonesia*. 6(1):29-33.
- Lestari, EG. 2006. Mekanisme toleransi dan metode seleksi tumbuhan yang tahan terhadap cekaman kekeringan. *Berita Biologi*. 215–222.
- Liu, S., S. Chen, Y. Chen, Z. Guan, D. Yin, & F. Chen. 2011. *In vitro* induced tetraploid of *Dendranthema nankingense* (Nakai) Tzvel. shows an improved level of abiotic stress tolerance. *Scientia Horticulturae*. 127(3):411–419.
- Maftuchah, & A. Zainudin. 2015. *In vitro* selection of *Jatropha curcas* Linn. Hybrids using polyethylene glycol to obtain drought tolerance character. *Procedia Chemistry*. 14:239-245.
- Martin, AF, F.Azizah, DR. Wulandari, & TM Ermayanti. 2012. The effect of increase in NaCl concentration on growth and proline content of purple yam (*Dioscorea alata* L.) grown in vitro. *Annales Bogorienses*. 16 (2):13-18.
- Martin, AF, BW. Hapsari, & TM Ermayanti. 2013. Penentuan klaster berdasarkan pertumbuhan tunas *in vitro* talas satoimo (*Colocasia esculenta* L.) hasil iradiasi sinar gamma. Prosiding Seminar Nasional XXVIII “Kimia dalam Industri dan Lingkungan”. Yogyakarta 13 November 2013. 111-116.
- Michel, BE., & MR. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51:914–916.
- Murashige, T., & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15:473–497.
- Omidi, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two calona genotype under drought stress. *American Journal of Plant Physiology*. 5(6):338-349.
- Prana, MS., & T. Kuswara. 2002. Budi Daya Talas: Diversifikasi untuk menunjang ketahanan pangan nasional. Jakarta (ID): Medikom Pustaka Mandiri.
- Rahayu, ES. 2007. Induksi variasi somaklonal dan seleksi *in vitro* menggunakan PEG untuk identifikasi varian kacang tanah yang toleran cekaman kekeringan. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu, ES, & S. Sudarsono. 2015. *In vitro* selection of drought tolerant peanut embryogenic calli on medium containing polyethylene glycol and regeneration of drought tolerant plants. *Emirate Journal of Food and Agriculture*. 27(6): 475–487.
- Rahmawati, W, A. Kusumasti, Yovita, & N. Aryanti. 2012. Karakterisasi pati talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) sebagai alternatif sumber pati industri indonesia. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1(1):347–351.
- Rao, S, & F. Jabben. 2013. *In vitro* selection and characterization of polyethylene glycol (PEG) tolerant callus lines and regeneration of plantlets from the selected callus lines in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Physiology Molecular Biology Plants*. 19: 261–268.
- Rosawanti, P. 2015. Toleransi beberapa genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sari, L. 2015. Induksi mutasi kalus embriogenik menggunakan *ethyl methane sulphonate* untuk merakit tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.) toleran pada dataran rendah. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sinaga, E., MS. Rahayu, & A. Maharijaya. 2015. Seleksi toleransi kekeringan *in vitro* terhadap enam belas aksesori tanaman terung (*Solanum melongena* L.) dengan polietilena glikol (PEG). *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 6 (4):20–28.
- Sopandie, D. 2014. Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika. IPB Press.
- Suhesti, S. 2015. Induksi mutasi dan seleksi *in vitro* tebu (*Saccharum officinarum* L.) untuk toleran terhadap kekeringan. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian

Bogor.

- Widoretno, W. 2016. *In vitro* induction and characterization of tetraploid Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) plant. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 125 (2):261–267.
- Wulansari, A, AF. Martin, DE. Rantau, & TM. Ermayanti. 2013. Perbanyak beberapa aksesi talas (*Colocasia esculenta* L.) Diploid secara kultur jaringan dan konservasinya mendukung diversifikasi pangan. Prosiding Seminar Nasional Riset Pangan, Obat-obatan dan Lingkungan untuk Kesehatan. Bogor, 27-28 Juni 2013. 11-20.
- Wulansari, A., AF. Martin, & TM. Ermayanti. 2016. Induksi tanaman poliploid talas (*Colocasia esculenta* L.) dengan perlakuan orizalin secara *in vitro*. *Jurnal Biologi Indonesia* 12 (2):297-305.
- Yunita, R. 2015. Pengembangan padi toleran salinitas melalui mutasi dan seleksi *in vitro*: mekanisme fisiologi toleransi. [Disertasi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zhang, M., Q. Chen, & S. Shen. 2011. Physiological responses of two Jerusalem artichoke cultivars to drought stress induced by polyethylene glycol. *Acta Physiology Plant*. 33(2):313-318.