

Induksi Perakaran Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Secara *In Vitro* dan *Ex Vitro* (*Mangosteen Root Induction by In Vitro and Ex Vitro*)

Joni, YZ¹⁾, Efendi, D²⁾, dan Roostika, F³⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Jln. Raya Solok-Aripan Km. 8, Solok 27301

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor, Jln. Meranti, Dramaga, Bogor 16680

³⁾Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Jln. Tentara Pelajar, No. 3A, Bogor 16111
E-mail: zendrajoni@gmail.com

Naskah diterima tanggal 8 Juli 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 21 April 2015

ABSTRAK. Induksi perakaran merupakan salah satu kendala yang sering dihadapi dalam kultur *in vitro* manggis. Sistem perakaran yang baik menjadi persyaratan penting bagi planlet untuk siap diaklimatisasi. Penelitian bertujuan untuk menentukan kombinasi perlakuan dan konsentrasi IBA, NAA, paklobutrazol, dan *phloroglucinol* yang efektif untuk menginduksi pembentukan akar planlet manggis secara *in vitro* dan *ex vitro*. Penelitian dilaksanakan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen), mulai bulan Maret 2013 sampai Januari 2014. Percobaan dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Induksi perakaran manggis secara *in vitro* terdiri atas tujuh perlakuan, yaitu kombinasi IBA (10 mg/l) dengan paklobutrazol (3, 6, dan 9 mg/l) atau *phloroglucinol* (2,8; 5,6; dan 8,4 mg/l). Induksi perakaran manggis secara *ex vitro* terdiri atas delapan perlakuan IBA dan NAA (masing-masing 100, 200, 300, dan 400 mg/l). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi IBA dengan paklobutrazol atau *phloroglucinol* menghasilkan jumlah planlet berakar yang relatif rendah (0–29%). Induksi akar secara *ex vitro* menghasilkan planlet berakar yang relatif tinggi (70–90%). IBA dan NAA 100–400 mg/l dapat menginduksi akar manggis secara *ex vitro*. Media terbaik untuk pengakaran manggis secara *ex vitro* adalah perendaman dalam larutan NAA 200 mg/l selama 1 jam. Induksi perakaran secara *ex vitro* lebih baik dilakukan daripada secara *in vitro*. Keberhasilan induksi perakaran manggis secara *ex vitro* dapat mempersingkat waktu mikropropagasi benih manggis.

Katakunci: *Garcinia mangostana* L.; Pengakaran *in vitro*; Pengakaran *ex vitro*; 1-Naphthalene acetic acid (NAA); Indole-3-butyric acid (IBA)

ABSTRACT. Root induction is one of the main problems during *in vitro* culture of mangosteen. Developed root system becomes an important requirement for plantlets acclimatization. This study aimed to determine the combined treatment and concentration of IBA, NAA, paclobutrazol, and phloroglucinol to induce root formation of mangosteen, both *in vitro* and *ex vitro*. The experiments were conducted at Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development (ICABIOGRAD), from March 2013 to January 2014. The experiment of *in vitro* root induction was designed using completely randomized design (CRD). There were seven treatments, the combination of IBA (10 mg/l) and paclobutrazol (3, 6, and 9 mg/l) or phloroglucinol (2,8; 5,6; and 8,4 mg/l). *Ex vitro* root induction experiment consisted of eight treatments of IBA and NAA (respectively 100, 200, 300, and 400 mg/l). The results showed that the combination of IBA and paclobutrazol or phloroglucinol produced low level of root formation (0–29%). *Ex vitro* root induction yield high level of root formation (70–90%). IBA and NAA (100–400 mg/l) could induce root formation through *ex vitro* root induction. The best medium for *ex vitro* rooting was soaking in a 200 mg/l NAA solution for an hour. The *ex vitro* root induction was better conducted than *in vitro* root induction. The success of *ex vitro* rooting can shorten the time micropropagation of mangosteen.

Keywords: *Garcinia mangostana* L.; *In vitro* root induction; *Ex vitro* root induction; 1-Naphthalene acetic acid (NAA); Indole-3-butyric acid (IBA)

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) merupakan tanaman asli Indonesia yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Pada tahun 2012, nilai ekspor manggis menduduki peringkat kedua untuk komoditas buah-buahan. Sayangnya, potensi tersebut tidak diikuti oleh tingkat produksi dan luas panen. Produksi manggis masih fluktuatif dari tahun ke tahun, dengan tingkat pertumbuhan 1,74% (2011–2012) (Dirjen Hortikultura 2013). Untuk meningkatkan produksi manggis, diperlukan peningkatan produktivitas (intensifikasi) dan perluasan lahan (ekstensifikasi). Teknik kultur *in vitro* merupakan salah satu cara untuk memperbanyak benih manggis yang berkualitas secara massal, dalam waktu singkat, dan seragam.

Keberhasilan teknik kultur *in vitro* pada tanaman manggis telah banyak dilaporkan. Meskipun demikian, setiap tahap perkembangannya masih menghadapi kendala sehingga perlu dioptimasi. Salah satu kendala yang dihadapi adalah induksi perakaran. Induksi perakaran manggis relatif sulit dengan sistem perakaran kurang optimal perkembangannya sehingga menjadi kendala dalam proses aklimatisasi di lapangan.

Salah satu persyaratan penting bagi planlet yang siap untuk diaklimatisasi adalah memunyai sistem perakaran yang baik. Planlet yang telah memiliki sistem perakaran yang baik akan lebih cepat tumbuh dan berkembang pada saat diaklimatisasi (Hazarika 2003). Keberhasilan pengakaran manggis secara *in*

vitro telah dilaporkan oleh Goh *et al.* (1988, 1994) dan Roostika *et al.* (2008) dengan tingkat keberhasilan 7–80%.

Kelemahan pengakaran secara *in vitro* adalah akar yang dihasilkan biasanya lemah serta tidak terbentuk akar sekunder dan rambut akar (Hazarika 2006). Selain itu, pada awal aklimatisasi akar tidak berfungsi normal untuk membantu penyerapan air dan hara yang dibutuhkan oleh tanaman (Sumaryono & Riyadi 2011). Pada tahap aklimatisasi, sebagian dari planlet tidak mampu bertahan hidup. Untuk itu, perlu dilakukan perbaikan metode pengakaran manggis secara *in vitro*.

Di samping pengakaran secara *in vitro*, cara lain yang dapat dilakukan adalah pengakaran secara *ex vitro*. Keberhasilan pengakaran secara *ex vitro* pada tanaman manggis telah dilaporkan Roostika *et al.* (2008). Penelitian pengakaran secara *ex vitro* juga telah dilakukan pada tanaman lain, seperti sawit (Sumaryono & Riyadi 2011), kenari (Benmahiuol *et al.* 2012), *Rotula aquatica* L. (Martin 2003), kopi (Barry-Etienne *et al.* 2002), dan stroberi (Borkowska 2001).

Keuntungan dari induksi akar secara *ex vitro* adalah pelaksanaannya lebih sederhana dan menghemat biaya (Borkowska 2001, Hazarika 2003, Martin 2003, Shekafandeh 2007). Selain itu, pelaksanaan induksi perakaran dan aklimatisasi dapat dilakukan pada waktu bersamaan, sehingga lebih efisien. Daya hidup planlet lebih tinggi dibandingkan dengan induksi perakaran secara *in vitro* (Almeida *et al.* 2005) dan penanaman tunas tanpa akar pada media campuran tanah lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan planlet yang telah berakar secara *in vitro* (Sumaryono & Riyadi 2011).

Faktor utama yang sangat berperan dalam induksi akar secara *in vitro* dan *ex vitro* adalah zat pengatur tumbuh (ZPT). Induksi akar umumnya menggunakan ZPT auksin baik secara tunggal maupun gabungan. Kombinasi jenis dan konsentrasi auksin yang tepat dapat meningkatkan persentase induksi akar planlet *Bexa orellana* L. secara *in vitro* (Neto *et al.* 2009). Penggunaan IBA 5 mg/l secara tunggal dapat menginduksi akar manggis secara *in vitro* sebesar 75% (Roostika *et al.* 2008), sedangkan penggunaan 5,6 mg/l *phloroglucinol* (PLG) mampu menginduksi akar manggis sebesar 100% (Te-chato & Lim 1999). Pada kelapa sawit, kombinasi NAA 6 mg/l dan paklobutrazol (PBZ) 9 mg/l menginduksi akar sebesar 88% (Nizam & Te-chato 2009). Induksi akar secara *ex vitro* pada manggis melalui perendaman dalam larutan IBA 100 mg/l selama 1 jam mampu menginduksi akar sebesar 75% (Roostika *et al.* 2008).

Penelitian mengenai induksi perakaran manggis secara *in vitro* masih perlu untuk dioptimasi, terutama

jenis dan konsentrasi ZPT yang digunakan. Selain itu, penelitian terkait induksi pengakaran manggis secara *ex vitro* masih sangat terbatas, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan IBA, paklobutrazol, dan *phloroglucinol* dalam menginduksi akar manggis secara *in vitro* dan untuk mengetahui pengaruh IBA dan NAA dalam menginduksi akar manggis secara *ex vitro*. Dihipotesiskan bahwa kombinasi perlakuan IBA dengan paklobutrazol atau *phloroglucinol* pada konsentrasi tertentu dapat menginduksi akar manggis secara *in vitro*, sedangkan perendaman tunas dalam IBA atau NAA pada konsentrasi tertentu dapat menginduksi akar manggis secara *ex vitro*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret 2013 sampai Januari 2014 di Laboratorium Kultur Jaringan dan Rumah Kaca, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen).

Preparasi Bahan Tanaman

Bahan tanaman yang digunakan adalah tunas adventif dari eksplan biji manggis klon Puspahiang yang dibiakkan secara *in vitro*. Eksplan dikulturkan pada media *woody plant medium* (WPM) dengan penambahan BA 5 mg/l. Inkubasi dilakukan selama 5 bulan. Selanjutnya, tunas adventif manggis dengan panjang tunas ≥ 3 cm dan jumlah daun 1–2 pasang dipotong pangkal batangnya dan dipisahkan dari eksplan induk. Tunas tersebut digunakan sebagai eksplan pada perlakuan pengakaran secara *in vitro* maupun *ex vitro*.

Induksi Perakaran Manggis Secara *In Vitro*

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Terdapat tujuh perlakuan, yaitu IBA 10 mg/l tanpa PBZ atau PLG, IBA 10 mg/l + PLG 2,8 mg/l, IBA 10 mg/l + PLG 5,6 mg/l, IBA 10 mg/l + PLG 8,4 mg/l, IBA 10 mg/l + PBZ 3 mg/l, IBA 10 mg/l + PBZ 6 mg/l, dan IBA 10 mg/l + PBZ 9 mg/l.

Setiap perlakuan diulang empat kali (botol) sehingga terdapat 28 satuan percobaan. Dalam setiap botol, dikulturkan tiga tunas adventif manggis. Media dasar yang digunakan adalah $\frac{1}{4}$ WPM (dilengkapi dengan gula 30 g/l, agar 7 g/l, glutamin 300 mg/l, dan PVP 100 mg/l). Kultur diinkubasi pada ruang gelap dengan suhu $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Pengamatan dilakukan selama 12 minggu. Peubah yang diamati adalah jumlah tunas hidup, persentase tunas hidup, jumlah tunas berakar, persentase tunas berakar, panjang akar, tinggi planlet, penambahan tinggi planlet, jumlah daun, dan penambahan jumlah daun. Persentase tunas hidup merupakan pembagian dari jumlah tunas hidup dengan jumlah total tunas dikalikan 100%. Persentase tunas berakar merupakan pembagian dari jumlah tunas berakar dengan jumlah total tunas dikalikan 100%. Tinggi planlet diukur dari pangkal batang sampai titik tumbuh tunas. Penambahan tinggi planlet merupakan pengurangan dari tinggi tunas umur 12 minggu setelah kultur (MSK) dengan tinggi tunas saat awal kultur (0 MSK). Penambahan jumlah daun merupakan pengurangan dari jumlah daun umur 12 MSK dengan jumlah daun saat awal kultur (0 MSK).

Induksi Perakaran Secara *Ex Vitro*

Percobaan disusun menggunakan RAL. Terdapat delapan perlakuan ZPT, yaitu IBA 100 mg/l, IBA 200 mg/l, IBA 300 mg/l, IBA 400 mg/l, NAA 100 mg/l, NAA 200 mg/l, NAA 300 mg/l, dan NAA 400 mg/l.

Setiap perlakuan diulang 10 kali (polibag), sehingga terdapat 80 satuan percobaan. Tunas manggis direndam dalam larutan perlakuan IBA atau NAA selama 1 jam. Selanjutnya, ditanam ke dalam media campuran tanah. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kandang (1:1). Dalam setiap polibag, ditanam satu tunas manggis, kemudian ditutup dengan *cup* plastik dan dipelihara di rumah kaca.

Pengamatan dilakukan selama 5 bulan. Pada umur 5 bulan setelah tanam (BST), seluruh tanaman manggis dipisahkan dari tanah dan tanah yang menempel pada akarnya dibersihkan untuk diamati. Peubah yang diamati adalah jumlah tanaman berakar, persentase tanaman berakar, panjang akar primer, persentase planlet berakar majemuk (lebih dari satu akar), jumlah akar sekunder, tinggi tanaman, penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, penambahan jumlah daun, lebar tajuk, lebar sebaran akar, nisbah panjang tunas/akar, dan nisbah lebar tajuk/sebaran akar. Persentase tanaman berakar merupakan pembagian dari jumlah tanaman berakar dengan jumlah total tanaman dikalikan 100%. Akar primer adalah akar utama yang tumbuh pada pangkal batang tanaman. Panjang akar primer diukur dari pangkal akar yang menempel pada batang sampai ujung akar. Akar sekunder adalah percabangan dari akar primer atau akar yang muncul dari akar primer. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai titik tumbuh tunas. Penambahan tinggi planlet merupakan pengurangan dari tinggi tunas umur

5 BST dengan tinggi tunas pada saat awal tanam (0 BST). Penambahan jumlah daun merupakan pengurangan dari jumlah daun umur 5 BST dengan jumlah daun saat awal tanam (0 BST). Lebar tajuk merupakan bentang terluar dari tajuk. Sebaran akar merupakan bentang terluar dari akar. Pengukuran sebaran akar dilakukan dengan mencelupkan akar ke dalam air sehingga akar dapat menyebar secara alami. Nisbah tunas/akar merupakan pembagian panjang tunas dengan panjang akar primer. Nisbah lebar tajuk/sebaran akar merupakan pembagian dari lebar tajuk dengan lebar sebaran akar. Akar primer dan sekunder dianalisis secara histologi dengan metode *formalin-acetic acid-alcohol* (FAA).

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan program *statistical analysis system* (SAS 9,1). Nilai rerata dihitung dan dibandingkan menggunakan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5% ($P < 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Induksi Perakaran Manggis secara *In Vitro*

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ZPT tidak berpengaruh nyata terhadap keseluruhan peubah yang diamati (Tabel 1). Hal ini disebabkan oleh tingginya keragaman eksplan atau tunas adventif yang digunakan dalam percobaan. Persentase tunas berakar berkisar 0–29%. Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan PLG dalam media yang mengandung IBA 10 mg/l menurunkan kemampuan tunas untuk berakar. Hasil ini bertentangan dengan yang dilaporkan oleh Te-chato & Lim (2000) yang mampu menginduksi perakaran manggis dengan tingkat keberhasilan 100% menggunakan PLG 5,6 mg/l. Hal tersebut mengindikasikan bahwa respons *in vitro* dari klon manggis bersifat *genotype dependent* (Hoque & Mansfield 2004, Lu et al. 1996). PLG adalah senyawa orthofenolik yang bersifat sinergis terhadap auksin. PLG tidak termasuk kelompok fitohormon, tetapi berfungsi untuk meningkatkan aktivitas dan biosintesis auksin dan mengurangi aktivitas peroksidase pada saat induksi perakaran (James & Thurbon 1979, Kumar et al. 2005).

Persentase perakaran tertinggi (29%) diperoleh dari media yang mengandung kombinasi IBA 10 mg/l dan PBZ 3 mg/l. PBZ merupakan retardan jenis triazol yang berfungsi untuk menghambat biosintesis GA_3 dan sering digunakan untuk menghambat pemanjangan tunas dan meningkatkan kandungan klorofil (Fletcher et al. 2000) sehingga diharapkan akar terinduksi dan

Tabel 1. Pengaruh kombinasi perlakuan IBA, PBZ, dan PLG terhadap pengakaran *in vitro* manggis, 12 MST [The effect of combined treatments of IBA, PBZ, and PLG to the *in vitro* root induction of mangosteen, 12 weeks after planting (WAP)]

Perlakuan (Treatments) mg/l	Daya hidup (Survival rate), %	Perakaran (Rooting) %	Panjang akar (Root length) cm	Penambahan jumlah daun (Increase leaves number) cm	Penambahan tinggi planlet (Increase plantlet height), cm
IBA 10	90	10	1,50	2,24	1,38
IBA 10 + PLG 2,8	100	7	2,00	1,80	1,17
IBA 10 + PLG 5,6	89	6	1,50	2,11	1,16
IBA 10 + PLG 8,4	92	0	0,00	2,67	1,05
IBA 10 + PBZ 3,0	100	29	1,06	1,81	1,07
IBA 10 + PBZ 6,0	95	24	1,31	1,44	0,61
IBA 10 + PBZ 9,0	100	22	0,85	2,80	0,80
KK (CV), %	14,93	161,49	49,68	89,31	101,24

KK (CV): Koefisien keragaman (*coefficient of variation*). Tidak terdapat perbedaan pengaruh yang nyata dari semua perlakuan terhadap pertumbuhan dan perakaran tunas manggis berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*There was not significant different effect of all treatments to the growth and root induction of mangosteen shoots, based on 5% DMRT test*)

biakan bertambah tegar. Induksi perakaran dengan menggunakan PBZ juga telah berhasil dilakukan pada tunas sawit dengan tingkat keberhasilan 88% (Nizam & Te-chato 2009). Namun demikian, tingkat keberhasilan pengakaran manggis secara *in vitro* masih tergolong rendah. Hal yang sama terjadi pada tanaman *Arabidopsis*, pemberian PBZ menurunkan laju pertumbuhan akar. Secara mikroskopis pemberian PBZ menyebabkan pengurangan ukuran meristem akar dan sel dewasa (Ubeda-Tomas *et al.* 2009, Wen *et al.* 2013).

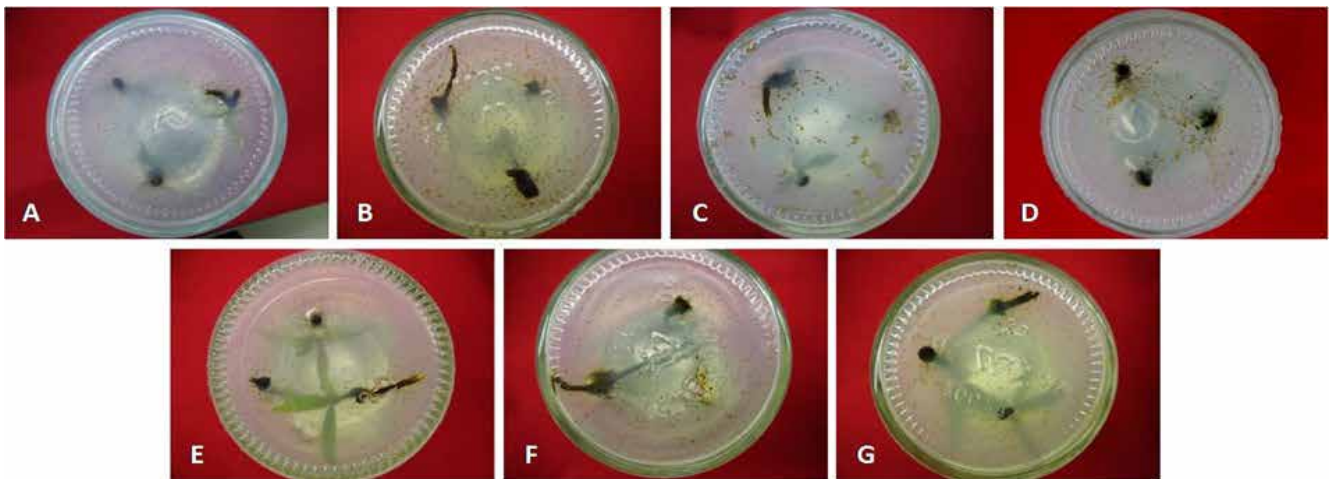
Panjang akar yang terbentuk pada umur 12 MST sekitar 0,85–2 cm. Penambahan jumlah daun berkisar antara 1,44–2,80 cm. Penambahan tinggi tunas terbesar (1,38 cm) diperoleh dari media IBA 10 mg/l (Tabel 1). Penambahan tinggi tersebut disebabkan oleh terjadinya etiolasi selama masa inkubasi di ruang gelap. Etiolasi ditandai dengan memanjangnya batang dan berubahnya warna menjadi putih kekuningan. Dalam keadaan gelap, klorofil tidak terbentuk dan perkembangan kloroplas terhambat. Pembentukan plastida muda terhenti pada tahap proplastida atau yang lebih umum disebut etioplas. Etioplas berwarna kekuningan karena mengandung karotenoid. Etioplas memiliki sistem membran dalam yang menarik, yang tersusun rapat menjadi kisi-kisi dalam yang disebut badan prolamela (Salisbury & Ross 1992, Solymosi & Schoefs 2010). Setelah biakan dipindahkan ke ruang terang maka tunas yang berwarna putih kekuningan berubah kembali menjadi hijau. Hal

tersebut disebabkan setelah terkena cahaya, badan prolamela akan menghasilkan sistem tilakoid seperti yang ditemukan pada kloroplas hijau yang normal (Salisbury & Ross 1992).

Tingkat pengakaran manggis secara *in vitro* pada percobaan ini tergolong rendah (kurang dari 50%). Goh *et al.* (1994) melaporkan bahwa 80% akar manggis terbentuk melalui perlakuan IBA 0,1 mM secara *in vitro*. Te-chato & Lim (2000) menghasilkan 64,28% tunas berakar dengan menggunakan IBA 4,4 mM. Roostika *et al.* (2008) menghasilkan 66,7% tunas berakar melalui penggunaan media ¼WPM yang mengandung IBA 10 mg/l. Secara visual, akar yang terbentuk berwarna cokelat, berupa akar tunggal, tidak bercabang, dan tidak memiliki rambut akar (Gambar 1). Hal tersebut mengindikasikan terbatasnya perkembangan akar sehingga pertumbuhan planlet menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi induksi perakaran. Sebagai alternatif teknologi untuk induksi perakaran adalah metode pengakaran secara *ex vitro*.

Induksi Perakaran Manggis Secara *Ex Vitro*

Pada percobaan pengakaran manggis secara *ex vitro*, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan IBA atau NAA tidak nyata untuk peubah persentase perakaran, persentase terbentuknya akar majemuk dan jumlah akar sekunder. Peubah lainnya menunjukkan pengaruh yang nyata antar perlakuan.



Gambar 1. Penampilan akar manggis yang diinduksi secara *in vitro* (*The performance of mangosteen roots induced by in vitro root induction*). IBA 10 mg/l (A), IBA 10 mg/l + PLG 2,8 mg/l (B), IBA 10 mg/l + PLG 5,6 mg/l (C), IBA 10 mg/l + PLG 8,4 mg/l (D), IBA 10 mg/l + PBZ 3 mg/l (E), IBA 10 mg/l + PBZ 6 mg/l (F), dan IBA 10 mg/l + PBZ 9 mg/l (G)

Pengakaran manggis secara *ex vitro* menghasilkan tingkat perakaran yang relatif tinggi (70–90%) (Tabel 2). Tunas yang berakar ditandai dengan batang dan daun yang tetap hijau serta segar setelah 2 bulan dipindahkan ke media campuran tanah. Selain itu, muncul daun muda atau pucuk yang berwarna merah kecokelatan. Roostika *et al.* (2008) melaporkan bahwa tanaman manggis berakar tertinggi (75%) diperoleh dari perlakuan perendaman dengan IBA 100 mg/l selama 1 jam dan ditanam pada media campuran tanah dan kompos (1:1). Persentase perakaran pada pengakaran secara *ex vitro* (70–90%) lebih tinggi daripada pengakaran secara *in vitro* (0–29%).

Akar primer yang terbentuk dari tunas merupakan akar tunggal atau majemuk (Gambar 2). Pembentukan

akar primer majemuk yang tertinggi (50%) diperoleh dari perlakuan NAA 200 mg/l. Panjang akar primer terpanjang (12,29 cm) diperoleh dari perlakuan NAA 300 mg/l. Jumlah akar sekunder antarperlakuan relatif sama, dengan kisaran 9,56–13,89 akar sekunder/tanaman (Tabel 2). Menurut Jawal *et al.* (2002) akar majemuk atau akar ganda dapat memperpendek masa juvenil tanaman manggis. Hal tersebut ditandai dengan penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, dan cabang lateral yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang berakar tunggal. Selain itu, panjang akar primer, jumlah akar sekunder, dan luas sebaran akar sekunder juga dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman manggis. Akar yang panjang dengan sebaran akar sekunder yang luas

Tabel 2. Pengaruh pemberian IBA dan NAA terhadap pengakaran *ex vitro* tunas manggis pada umur 5 BST (*Effect of IBA and NAA to the ex vitro rooting of mangosteen, 5 months after planting (MAP)*)

Perlakuan (Treatments) mg/l	Perakaran (Root formation) %	Akar primer majemuk (Multiple primary root) %	Panjang akar primer (Length of primary root), cm	Jumlah akar sekunder (Number of secondary root)
IBA 100	70 a	25,00 a	10,16 abc	11,63 a
IBA 200	90 a	22,22 a	10,75 ab	13,89 a
IBA 300	80 a	33,33 a	10,67 ab	11,56 a
IBA 400	90 a	22,22 a	9,97 abc	11,00 a
NAA 100	90 a	11,11 a	10,48 ab	9,56 a
NAA 200	90 a	50,00 a	7,36 c	13,67 a
NAA 300	80 a	12,50 a	12,29 a	12,00 a
NAA 400	70 a	20,00 a	8,30 bc	9,60 a
KK (CV), %	47,38	185,03	25,25	48,73

KK (CV): Koefisien keragaman (*Coefficient of variation*), angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5% (*Mean at the same column followed by the same letters were not significantly different at 5% level based on DMRT test*)



Gambar 2. Tipe akar manggis yang terbentuk setelah perlakuan pengakaran *ex vitro*: akar tunggal (A), akar majemuk (B dan C) [*The root types of mangosteen seedlings induced by ex vitro root induction: single root (A), double root (B), and triple root (C)*]

akan lebih efektif dalam menyerap hara yang lebih banyak dibandingkan dengan akar yang pendek dan sebarannya sempit.

Pada pengakaran secara *ex vitro*, di samping perbedaan pertumbuhan dan tipe akar, juga terdapat perbedaan yang nyata dari pertumbuhan tajuk (*shoot*). Hasil analisis ragam terhadap penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Penambahan tinggi tanaman yang tertinggi diperoleh dari perlakuan IBA 300 dan NAA 200 mg/l (Tabel 3). Secara umum, tinggi tanaman pada 5 BST

adalah 6,08–7,06 cm. Penambahan jumlah daun tertinggi (5,22 helai) diperoleh dari perlakuan NAA 100 mg/l. Jumlah daun pada 5 BST mencapai 3–4 pasang (Tabel 3).

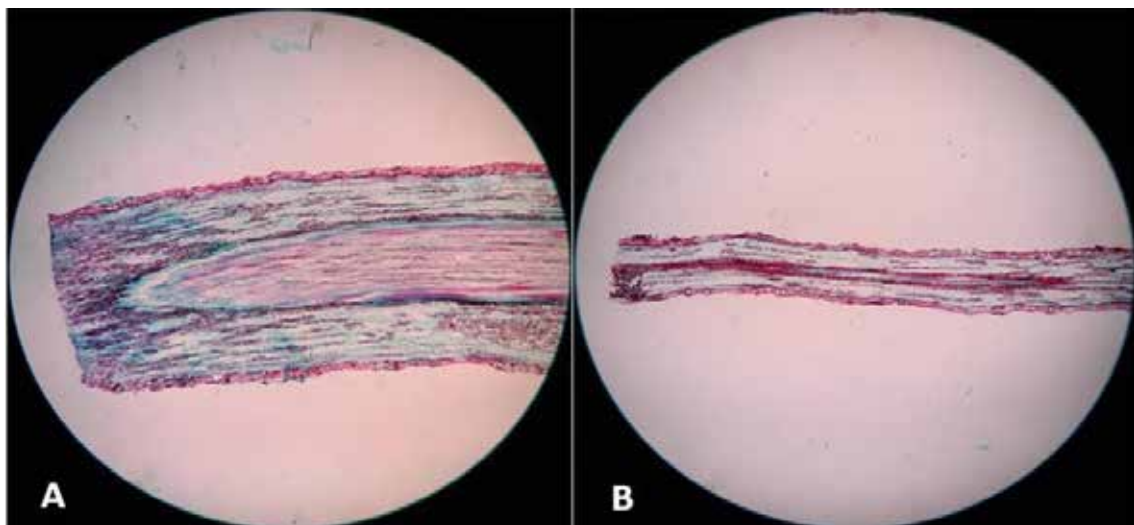
Hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap nisbah panjang tunas/akar dan lebar tajuk/sebaran akar antarperlakuan. Nisbah panjang tunas/akar berkisar antara 0,61–0,87 dengan nisbah tertinggi diperoleh dari perlakuan NAA 200 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa hingga umur 5 BST, akar primer tanaman manggis lebih panjang dibandingkan dengan tinggi tunas

Tabel 3. Pengaruh pemberian IBA dan NAA terhadap pengakaran *ex vitro* manggis, 5 BST (*The effect of IBA and NAA to the ex vitro rooting induction of mangosteen, 5 MAP*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>) mg/l	Tinggi tanaman (<i>Plant height</i>) cm	Penambahan tinggi tanaman (<i>Increase height of plantlets</i>), cm	Penambahan jumlah daun (<i>Increase number of leaves</i>), Helai	Nisbah tunas/akar (<i>Ratio shoot/ root</i>)	Nisbah lebar tajuk/ sebaran akar (<i>Ratio canopy/root distribution</i>)
IBA 100	7,06 a	1,74 ab	4,68 ab	0,69 ab	1,08 b
IBA 200	6,59 a	2,09 ab	4,98 ab	0,61 b	1,00 b
IBA 300	6,63 a	2,47 a	4,27 ab	0,62 b	1,00 b
IBA 400	6,78 a	1,96 ab	4,44 ab	0,68 ab	1,34 b
NAA 100	6,86 a	2,03 ab	5,22 a	0,65 b	0,87 b
NAA 200	6,38 a	2,32 a	3,78 ab	0,87 a	1,57 a
NAA 300	6,65 a	1,82 ab	3,86 ab	0,54 b	1,08 b
NAA 400	6,08 a	1,26 b	3,37 b	0,73 ab	1,14 b
KK (<i>CV</i>), %	26,45	36,37	33,07	38,06	104,32



Gambar 3. Penampilan planlet manggis setelah perlakuan pengakaran *ex vitro* dengan perlakuan IBA dan NAA (*The performance of mangosteen plantlets after ex vitro root induction treatments with IBA and NAA*)



Gambar 4. Penampang irisan membujur akar manggis hasil pengakaran *ex vitro*: akar primer (A) dan akar sekunder (B) [(masing-masing dengan perbesaran 40x) (*Longitudinal section of mangosteen roots resulted from ex vitro rooting induction treatment: primary root (A) and secondary root (B) (40x magnification)*)]

Nisbah diameter tajuk/sebaran akar yang tertinggi (1,57) diperoleh dari perlakuan NAA 200 mg/l (Tabel 3). Secara umum, sebaran tajuk dan akar antarperlakuan relatif seimbang (Gambar 3). Nisbah diameter tajuk/sebaran akar menunjukkan keseimbangan sebaran pertumbuhan tajuk dengan akar. Semakin mendekati nilai satu berarti semakin seimbang sebaran tajuk dengan akar.

Secara umum, perlakuan terbaik untuk pengakaran manggis secara *ex vitro* adalah NAA 200 mg/l karena beberapa peubah memiliki nilai yang tertinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh banyaknya jumlah tanaman yang berakar majemuk pada perlakuan tersebut. Sebaliknya, perlakuan NAA 400 mg/l memiliki nilai terendah untuk sebagian besar peubah yang diamati. Hal ini mungkin disebabkan oleh konsentrasi

NAA yang terlalu tinggi sehingga bersifat toksik bagi tanaman. Pengamatan secara acak pada umur 2 BST menunjukkan bahwa akar pada tanaman manggis dari perlakuan NAA 400 mg/l belum membentuk akar sekunder. Terhambatnya pembentukan akar sekunder akan menghambat pertumbuhan tanaman tersebut lebih lanjut.

Pengamatan secara mikroskopis (perbesaran 40x) pada penampang membujur akar primer dan akar sekunder, tidak ditemukan rambut akar sepanjang lapisan epidermis akar (Gambar 4). Hal inilah yang diduga menjadi penyebab pertumbuhan tanaman manggis relatif lebih lambat dibandingkan dengan tanaman berkayu lainnya. Karena tidak memiliki rambut akarnya, penyerapan hara dari tanah menjadi kurang efektif.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Penggunaan kombinasi IBA dengan paklobutrazol atau dengan *phloroglucinol* untuk menginduksi akar manggis secara *in vitro* menghasilkan planlet manggis berakar yang tergolong rendah (29%).
2. Penggunaan IBA dan NAA untuk menginduksi akar manggis secara *ex vitro* menghasilkan persentase perakaran yang tinggi (70–90%). Perlakuan terbaik untuk pengakaran manggis secara *ex vitro* adalah perendaman dalam larutan NAA 200 mg/l selama 1 jam.
3. Pengakaran tunas adventif manggis secara *ex vitro* lebih direkomendasikan daripada pengakaran secara *in vitro*. Keberhasilan pengakaran tunas adventif manggis secara *ex vitro* dapat mempersingkat waktu dalam perbanyakkan manggis secara *in vitro*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah membiayai penelitian ini, juga kepada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen) yang telah memfasilitasi penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ika Mariska yang telah banyak berbagi ilmu serta memberikan masukan dan saran, serta kepada Joko Tamami, Rara Puspita, dan Dea Sylva Lisnandar yang banyak membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Almeida, R, Goncalves, S & Romano, A 2005, 'In vitro micropropagation of endangered *Rhododendrum ponticum* L. subsp. *baeticum* (Boissier & Reuter) Handel-Mazzetti', *Biodivers. Conserv.*, vol. 14, no. 5, pp. 1059-69.
2. Barry-Etienne, D, Bertrand, B, Vasquez, N & Etienne, H 2002, 'Comparison of somatic embryogenesis-derived coffee (*Coffea arabica* L.) plantlets regenerated *in vitro* or *ex vitro*: Morphological, mineral and water characteristics', *Annals of botany*, vol. 90, pp. 77-85.
3. Benmahioul, B, Dorion, N, Kaid-Harche, M & Daguin, F 2012, 'Micropropagation and *ex vitro* rooting of pistachio (*Pistacia vera* L.)', *Plant Cell Tiss. Organ Cult.*, vol. 108, pp. 353-8.
4. Borkowska, B 2001, 'Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted *in vitro* or *ex vitro*', *Scie. Hort.*, vol. 89, pp. 195-206.
5. Direktorat Jenderal Hortikultura 2013, *Nilai ekspor dan nilai produksi buah-buahan tahun 2012*, diunduh 21 April 2014, <<http://hortikultura.pertanian.go.id>>.

6. Fletcher, RA, Gilley, A, Sankhla, N & Davis, TM 2000, 'Triazoles as plant growth regulators and stress protectants', *Hort. Rev.*, vol. 24, pp. 56-138.
7. Goh, HKL, Rao, AN & Loh, CS 1988, 'In vitro plantlet formation in mangosteen', *Annals of Botany*, vol. 62, pp. 87-93.
8. Goh, HKL, Lakshmanan, P & Loh, CS 1994, 'High frequency direct shoot bud regeneration from excised leaves of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.)', *Plant Sci.*, vol. 101, pp. 173-80.
9. Hazarika, BN 2003, 'Acclimatization of tissue-cultured plants', *Curr. Scie.*, vol. 85, no. 12, pp. 1704-12.
10. Hazarika, BN 2006, 'Morpho-physiological disorder in *in vitro* culture of plants', *Scie. Hort.*, vol. 108, no. 2, pp. 105-20.
11. Hoque, ME & Mansfield, JW 2004, 'Effect of genotype and explant age on callus induction and subsequent plant regeneration from root-derived callus of Indica rice genotypes', *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, vol. 78, pp. 217-23.
12. James, DJ & Thurbon, IJ 1979, 'Rapid *in vitro* rooting of the apple rootstock M.9 and the promotive effect of phloroglucinol', *J. Hort. Sci.*, vol. 56, pp. 15-20.
13. Jawal, MA, Usman, F & Purnama, T 2002, 'Teknik akar ganda memperpendek masa remaja manggis', *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, vol. 24, no. 6, pp.13-5.
14. Kumar, V, Gururaj, HB, Narasimha Prasad, BC, Giridhar, P & Ravishankar, GA 2005, 'Direct shoot organogenesis on shoot apex from seedling explants of *Capsicum annum* L.', *Sci. Hort.*, vol. 106, pp. 237-46.
15. Lu, C & Bridgen, MP 1996, 'Effects of genotype, culture medium, and embryo developmental stage on the *in vitro* responses from ovules cultures of interspecific hybrids of *Alstroemeria*', *Plant Sci.*, vol. 116, pp. 205-12.
16. Martin, KP 2003, 'Rapid *in vitro* multiplication and *ex vitro* rooting of *Rotula aquatic* L. Lour., a rare rhoeophytic woody medicinal plant', *Plant Cell Rep.*, vol. 21, no. 5, pp. 415-20.
17. Neto, VBP, Reis, LB, Finger, FL, Baros, RS, Carvalho, CR & Otoni, WC 2009, 'Involvement of ethylene in the rooting of seedling shoot cultures of *Bexa orellana* L.', *In vitro Dev. Biol. Plant*, vol. 45, pp. 693-700.
18. Nizam, K & Te-chato, S 2009, 'Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs)', *J. Agri. Technol.*, vol. 5, no.2, pp. 371-83.
19. Roostika, I, Sunarlim, N & Mariska, I 2008, 'Micropropagation of mangosteen', *Indonesian J. of Agr.*, vol. 1, no.1, pp. 28-33.
20. Salisbury, FB & Ross, CW 1992, *Plant physiology*, 4th edition, Wadsworth Publishing, pp. 682.
21. Shekafandeh, A 2007, 'Effect of different growth regulators and sucrose of carbohydrates on *in* and *ex vitro* rooting of Iranian myrtle', *Intl. J. Agric. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 152-8.
22. Solymosi, K & Schoefs, B 2010, 'Etioplast and etioplast formation under natural conditions: the dark side of chlorophyll biosynthesis in angiosperms', *Photosynth. Res.*, vol. 105, pp. 143-66.
23. Sumaryono & Riyadi, I 2011, 'Ex vitro rooting oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) plantlets derived from tissue culture', *Indonesian J. of Agr. Scie.*, vol. 12, no. 2, pp. 57-62.
24. Te-chato, S & Lim, M 1999, 'Plant regeneration of mangosteen via nodular callus formation', *Plant Cell Tiss. Organ Cult.*, vol. 59, pp. 89-93.

25. Te-chato, S & Lim, M 2000, 'Improvement of mangosteen micropropagation through meristematic nodular callus formation from *in vitro*-derived leaf explants', *Scie. Hort.*, vol. 86, pp. 291-8.
26. Ubeda-Tomas, S, Federici, F, Casimiro, I, Beemster, GTS, Bhalerao. R, Swarup, R, Doerner, P, Haseloff, J & Bennett, M 2009, 'Gibberellin signaling in the endodermis controls *Arabidopsis* root meristem size', *Curr. Biol.*, vol. 19, pp. 1194-9.
27. Wen, ZZ, Lin, Y, Liu, YQ, Wang, M, Wang, YQ & Liu, W 2013, 'Effects of paclobutrazol *in vitro* on transplanting efficiency and root tip development of *Dendrobium nobile*', *Biologia plantarum*, vol. 57, no. 3, pp. 576-80.