

Pembentukan akar *in vitro* planlet kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dalam medium cair dengan penambahan auksin

In vitro rooting of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantlets in a liquid medium supplemented with auxins

Imron RIYADI & SUMARYONO

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16151, Indonesia

Diterima tgl 27 Desember 2009/ Disetujui tgl 4 April 2010

Abstract

Auxin affects the growth and development of in vitro plantlets including root induction. An experiment was conducted to determine the combination and concentration of auxin for rooting of oil palm plantlets in liquid medium. Unrooted plantlets of oil palm MK 649 clone with height 6 – 7 cm and 2 – 3 leaves were used as material source. The plantlets were cultured in de Fossard liquid medium. The treatments used were combinations of NAA and IBA at 0, 5, 10 and 20 μ M. The results show that 10 μ M NAA combined with 20 μ M IBA gave the highest percentage of rooting of oil palm plantlets (73.3%) in 10 weeks. NAA and IBA concentration influenced significantly rooting percentage and root quality and there was a significant interaction between the two auxins. Root initiation response of oil palm plantlets to NAA was higher than to IBA. The best of oil palm root class which indicates root quality was obtained in a medium with 10 μ M NAA + 20 μ M IBA. The aerial parts of the plantlets grew well in term of shoot height, leaf number and shoot diameter especially in a medium with 10 μ M NAA + 20 μ M IBA.

[Keywords: *In vitro* rooting, auxin, NAA, IBA root initiation, tissue culture]

Abstrak

Auksin berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan planlet *in vitro*, termasuk terhadap induksi akar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi dan konsentrasi auksin yang tepat dalam pembentukan akar planlet kelapa sawit *in vitro* dalam medium cair. Bahan yang digunakan berupa planlet kelapa sawit klon MK 649 tanpa akar dengan tinggi 6 – 7 cm dan jumlah daun 2 – 3 helai. Planlet dikulturkan dalam medium de Fossard cair. Perlakuan yang digunakan adalah kombinasi NAA dan IBA dengan konsentrasi 0, 5, 10 dan 20 μ M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan NAA 10 μ M dikombinasikan dengan IBA 20 μ M menghasilkan persentase pembentukan akar planlet kelapa sawit tertinggi yaitu 73,3% dalam waktu 10 minggu. Konsentrasi NAA dan IBA secara nyata mempengaruhi persentase pembentukan dan kualitas akar serta terdapat interaksi yang nyata antara kedua perlakuan auksin. Respons induksi akar kelapa sawit terhadap NAA lebih tinggi daripada IBA. Kelas akar planlet kelapa sawit terbaik yang menunjukkan kualitas perakaran, juga diperoleh pada NAA 10 μ M dan IBA 20 μ M. Pertumbuhan dan perkembangan organ bagian atas yang meliputi tinggi tunas, jumlah daun dan diameter tunas menunjukkan peningkatan yang cukup baik terutama pada perlakuan NAA 10 μ M + IBA 20 μ M.

[Kata kunci: Akar *in vitro*, auksin, NAA, IBA, induksi akar, kultur jaringan]

Pendahuluan

Pengembangan teknik kultur jaringan pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) ditujukan antara lain untuk menyediakan benih klonal dalam jumlah besar yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan benih yang terus meningkat. Perbanyakan benih kelapa sawit melalui kultur *in vitro* dengan teknik embriogenesis somatik telah lama dikembangkan, terutama dalam medium padat. Namun, tidak semua planlet kelapa sawit menghasilkan akar atau mempunyai sistem perakaran yang baik sehingga menjadi kendala pada proses aklimatisasi ke lingkungan luar.

Salah satu persyaratan penting bagi planlet yang siap untuk diaklimatisasi adalah mempunyai sistem perakaran yang baik. Planlet yang telah memiliki sistem perakaran yang baik akan lebih cepat tumbuh dan berkembang saat diaklimatisasi (Hazarika, 2003). Konan *et al.* (2007) menggunakan tiga planlet kelapa sawit per tabung kultur pada medium padat dengan NAA 1 mg/L yang menghasilkan persentase pembentukan akar terbaik sebesar 66%. Untuk produksi komersial, persentase pembentukan akar planlet kelapa sawit ini masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menginduksi akar planlet kelapa sawit *in vitro* sebelum aklimatisasi.

Penelitian induksi akar secara *in vitro* telah dilakukan pada berbagai tanaman seperti walnut (Bisbis *et al.*, 2003), *Eucalyptus sp.* (Nourissier & Monteuuis, 2008) dan kina (Riyadi & Tahardi, 2009). Pada tanaman palma, juga telah lakukan pembentukan akar *in vitro* seperti kelapa sawit (Rival *et al.*, 1997; Nizam & Te-Chato, 2009) dan kurma (Ibrahim *et al.*, 2009). Induksi akar *in vitro* pada planlet tanaman tersebut terutama menggunakan zat pengatur tumbuh auksin baik secara tunggal maupun gabungan. Penggunaan NAA 1–3 mg/L secara tunggal dapat menginduksi akar planlet tanaman teh secara *in vitro* sebesar 82 % (Tahardi, 1994). Khawar & Ozcan (2002) berhasil menginduksi akar tanaman *Lens culinaris* menggunakan IBA pada konsentrasi 0,25 – 2 mg/L pada medium MS. Hasil induksi akar terbaik diperoleh

pada perlakuan IBA 0,25 mg/L dengan persentase perakaran sebesar 25% selama empat minggu. Penggunaan NAA dan IBA dilakukan oleh Nourissier & Monteuis (2008) untuk menginduksi akar *in vitro* *Eucalyptus* hibrida antara *E. urophylla* dan *E. grandis* dengan persentase pembentukan akar 81 % pada IBA 5 μ M dikombinasikan dengan NAA 12,5 μ M. Kombinasi auksin juga berhasil untuk menginduksi akar planlet kina (*Cinchona ledgeriana*) secara *in vitro* dengan IAA 10 mg/L dan IBA 0,5 mg/L yang menghasilkan persentase perakaran sebesar 90 % (Riyadi & Tahardi, 2009). Planlet kurma (*Phoenix dactylifera*) asal embrio somatik berhasil diinduksi akarnya secara *in vitro* pada medium MS dengan NAA 0,1 mg/L selama 12 minggu (Ibrahim *et al.*, 2009). NAA dan paklobutrazol digunakan menginduksi akar secara *in vitro* planlet kelapa sawit asal embrio somatik dengan pembentukan akar tertinggi mencapai 88% diperoleh pada perlakuan NAA 6 mg/L + paklobutrazol 9 mg/L (Nizam & Te-Chato, 2009).

Auksin mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Secara umum auksin berfungsi dalam pembelahan sel, pemanjangan dan diferensiasi sel, serta sebagai sinyal antara sel, jaringan dan organ tanaman. Keberadaan auksin dalam medium akan mempengaruhi proses inisiasi dan pertumbuhan akar (Morris *et al.*, 2004). Kombinasi dan konsentrasi auksin yang tepat dapat meningkatkan persentase induksi akar planlet secara *in vitro* (Neto *et al.*, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi dan konsentrasi auksin NAA dan IBA yang efektif untuk pembentukan akar planlet kelapa sawit asal embrio somatik secara *in vitro* dalam medium cair.

Bahan dan Metode

Bahan tanaman

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biak Sel & Mikropropagasi, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bahan tanaman yang digunakan berupa planlet tanpa akar umur 4 – 8 minggu yang berasal dari embrio somatik kelapa sawit. Embrio somatik tersebut merupakan hasil induksi dari kalus noduler yang diinisiasi dari daun pupus kelapa sawit klon MK649 berasal dari Balai Penelitian Marihat, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

Induksi akar *in vitro* dan kondisi kultur

Planlet kelapa sawit yang tidak berakar dan telah mencapai tinggi 6 – 7 cm serta jumlah daun sebanyak 2 – 3 helai diseleksi dan dikulturkan pada medium cair DF (de Fossard *et al.*, 1974) yang mengandung sukrosa 3% dalam tabung reaksi ukuran tinggi 15 cm dan diameter 2,5 cm. Perlakuan yang diuji adalah kombinasi konsentrasi auksin NAA 0, 5, 10, 20 μ M dan IBA 0, 5, 10, 20 μ M sehingga terdapat 16

perlakuan. Tingkat pH medium diatur 5,7 sebelum disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 kg/cm² selama 20 menit.

Satu planlet diletakkan pada tiap tabung kultur yang ditempatkan dalam rak kultur. Kultur planlet tersebut diletakkan di ruang terang di bawah lampu TL dengan intensitas cahaya sebesar 20 μ mol foton/m²/detik dengan periode penyinaran 12 jam dan suhu ruangan 26 \pm 1°C. Setiap perlakuan menggunakan planlet sebanyak 10 buah dan diulang sebanyak tiga kali (ulangan waktu), sehingga ulangan total per perlakuan sebanyak 30 kali. Setelah 10 minggu, planlet dipanen untuk diamati dengan parameter: persentase induksi akar, kelas akar, tinggi planlet, jumlah daun dan diameter tunas. Pengukuran tinggi planlet dilakukan menggunakan mistar dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi. Diameter tunas diukur menggunakan jangka sorong (*caliper*) pada pangkal planlet. Kelas akar menggunakan skala nilai dari satu sampai dengan lima berdasarkan jumlah dan kualitas akar yang terbentuk sebagai berikut :

Kelas 1 = tanpa akar

Kelas 2 = akar primer 1 tanpa akar sekunder

Kelas 3 = akar primer 1 dengan akar sekunder

Kelas 4 = akar primer \geq 2 tanpa akar sekunder

Kelas 5 = akar primer \geq 2 dengan akar sekunder.

Analisis statistik

Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 30 kali. Data semua parameter pengamatan diuji statistik menggunakan analisis keragaman (Anova) metode dua-faktor dengan ulangan untuk mencari interaksi kedua faktor perlakuan yaitu konsentrasi NAA dan IBA. Perbedaan antar-perlakuan ditentukan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf uji $\alpha = 0,05$.

Hasil dan Pembahasan

Persentase induksi akar

Inisiasi akar planlet kelapa sawit asal embrio somatik mulai terlihat pada umur dua minggu setelah kultur khususnya pada perlakuan konsentrasi NAA 10 μ M dikombinasikan dengan IBA 20 μ M. Namun, pada perlakuan tanpa auksin sampai akhir kultur umur 10 minggu tidak ada satupun planlet yang berakar (Gambar 1). Persentase induksi akar tertinggi sebesar 73,3 % diperoleh pada perlakuan konsentrasi NAA 10 μ M atau 20 μ M dengan IBA 20 μ M (Gambar 1). Berdasarkan hasil analisis keragaman terdapat pengaruh yang nyata antar-perlakuan kombinasi NAA dan IBA.

Berdasarkan Gambar 1. terlihat bahwa pengaruh NAA lebih kuat daripada IBA dalam pembentukan akar planlet kelapa sawit. Perlakuan NAA pada kon-

sentraasi 5– 20 μM tanpa IBA menghasilkan persentase inisiasi akar lebih dari 40 %. Sebaliknya, perlakuan IBA pada konsentrasi 5–20 μM tanpa NAA hanya menghasilkan persentase inisiasi akar sebesar 3–10 %. Hal ini menunjukkan bahwa inisiasi akar planlet kelapa sawit lebih responsif terhadap NAA dibandingkan dengan IBA. Pan & Tian (1999) menginduksi akar tanaman mungbean secara *in vitro* menggunakan IBA dengan hasil terbaik diperoleh pada IBA 25 mg/L yang membentuk sekitar 40 akar adventif per setek. Penggunaan auksin secara tunggal juga dilaporkan oleh Neto *et al.* (2009) yang berhasil menginduksi akar secara *in vitro* pada tanaman *Bixa orellana* menggunakan NAA atau IBA dengan konsentrasi 5 μM .

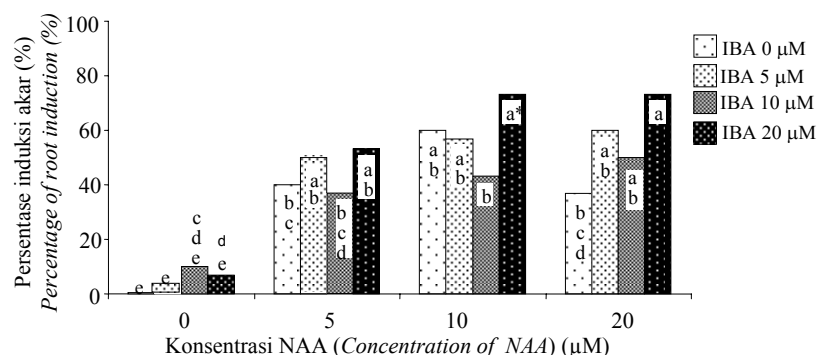
Penggunaan NAA secara tunggal untuk induksi akar *in vitro* telah diaplikasikan pada tanaman kurma (Ibrahim *et al.*, 2009) dan kelapa sawit (Rival *et al.*, 1997; Nizam & Te-Chato, 2009) dengan metode yang agak berbeda. Metode yang digunakan Rival *et al.* (1997) adalah planlet dikulturkan pada medium cair penginduksi (fase satu) yang mengandung NAA 1 mg/L selama 24 jam. Selanjutnya, planlet tersebut ditransfer pada medium tanpa zat pengatur tumbuh (fase dua) sampai terlihat inisiasi akar setelah umur delapan minggu dengan tingkat keberhasilan rata-rata kurang dari 50 %. Ibrahim *et al.* (2009) menggunakan empat medium MS dengan perbedaan komposisi garam makro, mikro dan vitamin yang masing-masing ditambahkan 0,1 mg/L NAA untuk menginduksi akar planlet tanaman kurma. Induksi akar tertinggi diperoleh pada medium MS penuh yang menghasilkan rata-rata 5,5 akar per planlet.

Kombinasi NAA dan IBA meningkatkan persentase pembentukan akar planlet kelapa sawit. Hal ini didukung hasil analisis statistik yang menunjukkan adanya interaksi nyata kedua auksin tersebut

dalam inisiasi akar. Persentase induksi akar tertinggi dicapai pada perlakuan kombinasi NAA 10 μM dan IBA 20 μM yakni sebesar 73,3 % (Gambar 1) namun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan NAA 10 μM yang dikombinasikan IBA 0; 5 dan 10 μM maupun dengan perlakuan NAA 20 μM yang dikombinasikan dengan IBA 5, 10 dan 20 μM . Hasil ini serupa dengan hasil yang diperoleh Nourissier & Monteuis (2008) dalam menginduksi akar secara *in vitro* tanaman *Eucalyptus sp.* menggunakan kombinasi NAA 12,5 μM dan IBA 5 μM .

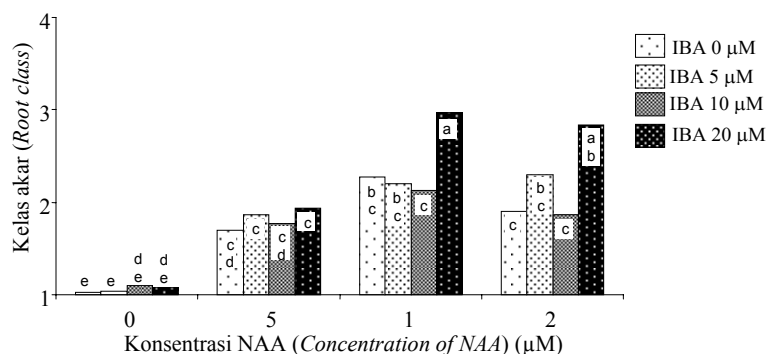
Kelas akar

Kelas akar menunjukkan kualitas sistem perakaran yang terbentuk. Pada penelitian ini, penambahan NAA dan IBA berpengaruh nyata terhadap kualitas akar planlet kelapa sawit (Gambar 2). Terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan NAA dan IBA terhadap kelas akar planlet kelapa sawit. Kelas akar terbaik sebesar 3,0 yang dicapai pada perlakuan NAA 10 μM dikombinasikan dengan IBA 20 μM berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya kecuali kombinasi NAA 20 μM dan IBA 20 μM . Kelas akar tiga menunjukkan bahwa planlet rata-rata mempunyai satu akar primer dengan akar sekunder. Kelas akar terendah diperoleh pada perlakuan tanpa penambahan auksin yaitu sebesar 1,0 yang berarti tidak terbentuk akar sama sekali. Adanya keragaman kelas akar yang terbentuk terutama dipengaruhi oleh kecepatan waktu dalam merespons inisiasi pengakaran. Pada perlakuan yang menghasilkan rata-rata persentase inisiasi pengakaran tertinggi seperti perlakuan NAA 10 μM dan IBA 20 μM , juga terjadi rata-rata kelas akar tertinggi. Di samping persentase induksi akar, kelas akar penting karena menunjukkan kualitas akar.



Gambar 1. Pengaruh NAA dan IBA terhadap persentase induksi akar planlet kelapa sawit dalam medium cair selama 10 minggu. Angka diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada $\alpha = 0,05$.

Figure 1. Effect of NAA and IBA on percentage of root induction of oil palm planlet in a liquid medium for 10 weeks. Values followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha = 0.05$.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi NAA dan IBA terhadap kelas akar planlet kelapa sawit dalam medium cair selama 10 minggu. Angka diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada $\alpha = 0,05$.

Figure 2. Effect of NAA and IBA concentration on root class of oil palm plantlet in liquid medium for 10 weeks. Values followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha = 0.05$.

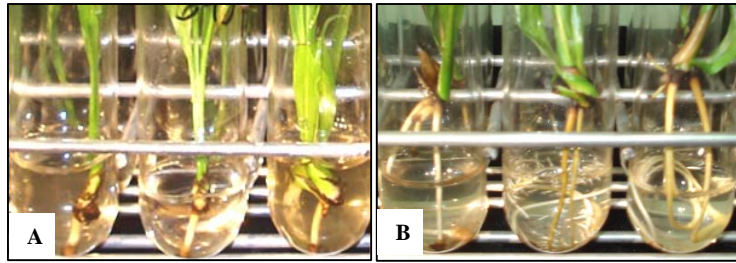
Kualitas akar planlet akan mempengaruhi keberhasilan aklimatisasi planlet di lingkungan luar. Pada umur empat minggu, akar primer mulai terbentuk namun belum memiliki akar sekunder (Gambar 3A). Pada umur 10 minggu, sebagian besar akar primer mulai membentuk akar lateral atau sekunder pada bagian ujung sampai pangkal akar primer (Gambar 3B). Beberapa planlet mempunyai akar primer yang jumlahnya lebih dari satu, bahkan ada yang sampai mencapai lima akar primer yang masing-masing mempunyai akar lateral, sehingga sistem perakaran semakin sempurna. Akar primer berwarna putih-kekuningan atau putih-kecoklatan dengan akar sekunder berwarna putih sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3B. Konan *et al.* (2007) berhasil menginduksi akar planlet kelapa sawit secara *in vitro* dalam medium MS padat modifikasi yang ditambah dengan NAA 1 mg/L. Keragaan atau kelas akar terbaik diperoleh pada umur 12 minggu. Terdapat sedikit perbedaan dalam menentukan kelas akar yaitu: kelas akar terbaik disimbolkan dengan A (1 – 5 akar primer >3cm dan akar sekunder banyak); B (≥ 1 akar primer >3cm tanpa akar sekunder); C (akar primer < 2 cm tanpa akar sekunder); dan D (tidak berakar atau akar adventif yang tumbuh < 1 cm). Hasil rata-rata kelas akar yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah kelas A sebesar 47%, kelas B sebesar 24% dan kelas C sebesar 29%. Perbedaan penentuan kelas akar pada penelitian ini dibandingkan pada penelitian Konan *et al.* (2007) adalah adanya akar primer dengan pertumbuhan akar sekunder yang cukup baik atau lebat meskipun panjangnya < 3 cm. Bahkan ada beberapa akar primer yang jumlahnya lebih dari dua dengan pertumbuhan akar sekunder yang cukup banyak. Keberadaan akar primer sangat menentukan tingkat keberhasilan dalam aklimatisasi. Akar sekunder atau lateral akan terbentuk dan tumbuh setelah akar primer berkembang bertambah panjang dan semakin lebar (Jourdan & Rey, 1997). Keberadaan akar sekunder

dapat mendukung tingkat keberhasilan planlet pada saat aklimatisasi di lingkungan luar.

Pertumbuhan planlet

Planlet kelapa sawit di samping membentuk akar juga mengalami pertumbuhan bagian atas (*shoot*) yang cukup pesat. Hasil analisis statistik terhadap tinggi planlet, jumlah daun dan diameter tunas kelapa sawit menunjukkan perbedaan yang nyata antar-perlakuan dan terdapat interaksi yang nyata antara NAA dan IBA (Tabel 1). Rata-rata tinggi planlet kelapa sawit terbaik sebesar 10,4cm diperoleh pada perlakuan NAA 10 µM dikombinasikan dengan IBA 10 µM. Secara umum, tinggi planlet pada umur 10 minggu berkisar antara 9 – 10 cm (Tabel 1) meningkat sekitar 3cm dari tinggi awal. Rata-rata jumlah daun terbanyak diperoleh pada perlakuan NAA 20 µM dikombinasikan dengan IBA 20 µM yang mencapai 4,7 helai. Rata-rata jumlah daun berkisar antara 3,7 – 4,7 helai, terbentuk sekitar dua helai daun baru selama 10 minggu. Diameter pangkal batang planlet kelapa sawit terbesar dicapai pada perlakuan NAA 20 µM ditambah IBA 20 µM yaitu 3,0 mm dan terkecil diperoleh pada perlakuan tanpa auksin yaitu sebesar 2,3 mm (Tabel 1).

Pertumbuhan dan perkembangan organ vegetatif bagian atas planlet kelapa sawit menunjukkan peningkatan yang cukup baik pada semua perlakuan termasuk pada perlakuan tanpa auksin (kontrol). Secara keseluruhan, perlakuan NAA 20 µM dikombinasikan dengan IBA 20 µM menghasilkan pertumbuhan planlet tertinggi. Namun, berdasarkan pada uji statistik tidak berbeda nyata antara perlakuan NAA 20 µM + IBA 20 µM dengan perlakuan NAA 10 µM + IBA 20 µM kecuali pada parameter diameter batang. Pada tahap aklimatisasi planlet, keberadaan perakaran lebih penting dibandingkan dengan pertumbuhan planlet bagian atas. Hal ini karena sistem perakaran akan menunjang proses penyerapan air dan hara untuk pertumbuhan dan perkembangan planlet selanjutnya.



Gambar 3. Pembentukan akar *in vitro* planlet kelapa sawit dalam medium DF cair pada empat minggu (A) dan 10 minggu (B) setelah kultur.

Figure 3. *In vitro* rooting of oil palm plantlet in DF liquid medium at 4-weeks (A) and 10 weeks (B) after culture.

Tabel 1. Pengaruh NAA dan IBA terhadap pertumbuhan planlet kelapa sawit dalam medium cair selama 10 minggu.

Table 1. Effect of NAA and IBA on the growth of oil palm plantlet in liquid medium for 10 weeks.

Perlakuan Treatment		Tinggi tunas Shoot height (cm)	Jumlah daun (helai) Leaf number (sheet)	Diameter batang Stem diameter (mm)
NAA (μ M)	IBA (μ M)			
0	0	9,2 bc*	3,8 bc	2,3 c
	5	8,9 c	4,1 abc	2,5 bc
	10	9,0 c	4,3 abc	2,4 bc
	20	10,1 ab	3,8 bc	2,3 c
5	0	9,9 abc	3,9 bc	2,5 bc
	5	9,4 bc	3,8 bc	2,5 bc
	10	9,2 bc	3,8 bc	2,3 c
	20	9,2 bc	4,2 abc	2,7 b
10	0	9,5 abc	4,3 abc	2,6 bc
	5	9,3 bc	3,9 bc	2,3 c
	10	10,4 a	4,5 ab	2,7 b
	20	9,9 abc	4,4 abc	2,7 b
20	0	9,7 abc	4,2 abc	2,6 bc
	5	9,2 bc	3,9 bc	2,6 bc
	10	9,6 abc	3,7 c	2,6 bc
	20	9,9 abc	4,7 a	3,0 a

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada $\alpha = 0,05$.

*) Means in the same column followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha = 0.05$.

Pertumbuhan dan perkembangan organ vegetatif yang pesat menunjang perkembangan organ lain seperti perakaran (Nourissier & Monteuuis, 2008; Neto *et al.*, 2009; Nizam & Te-Chato, 2009). Sebaliknya, pembentukan akar yang baik memungkinkan terjadinya penyerapan hara yang lebih banyak sehingga pertumbuhan planlet bagian atas lebih baik. Dengan demikian, planlet menjadi lebih jagur sebelum diaklimatisasi. Planlet yang jagur akan meningkatkan daya hidup planlet pada tahap aklimatisasi di lingkungan *ex vitro* (Hazarika, 2003).

Kesimpulan

Planlet kelapa sawit yang belum berakar dapat diinduksi secara *in vitro* dalam medium cair menggunakan kombinasi auksin NAA dan IBA. Kombinasi auksin terbaik adalah NAA 10 μ M dan IBA 20 μ M yang menghasilkan rata-rata persentase induksi akar sebesar 73,3 % dengan rata-rata nilai kelas akar sebesar tiga. Perlakuan NAA dan IBA juga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bagian atas planlet kelapa sawit yang meliputi tinggi planlet, jumlah daun dan diameter tunas.

Daftar Pustaka

- Anonim (2009). Industri palm oil di Indonesia. *Indonesian Commercial Newsletter*, November 2009.
- Bisbis B, C Kervers, M Crevecoeur, J Dommes & T Gaspar (2003). Restart of lignification in micropropagated walnut shoots coincides with rooting induction. *Biol Plant* 47(1), 1-5.
- de Fossard RA, A Myint & ECM Lee (1974). A broad spectrum tissue culture experiment with tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) pith tissue callus. *Physiol Plant* 30, 125-130.
- Hazarika BN (2003). Acclimatization of tissue-cultured plants. *Curr Sci* 85(12), 1704-1712.
- Khawar KM & S Ozcan (2002). Effect of indole-3-butyric acid on *in vitro* root development in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Turk J Bot* 26, 109-111.
- Ibrahim K, KB Alromaihi & KMS Elmeer (2009). Influence of different media on *in vitro* roots and leaves of date palm embryos Cvs. Kapkap and Tharlaj. *American-Eurasian J Agric & Environ* 6(1), 100-103.
- Jourdan C & H Rey (1997). Architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. *Plant and Soil* 189, 33-48.
- Konan EK, JY Kouadio, A Flori, TD Gasselin & A Rival (2007). Evidence for an interaction effect during *in vitro* rooting of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) somatic embryo-derived plantlets. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 43, 456-466.
- Morris DA, J Friml & E Zazimalova (2004). The function of hormones in plant growth and development axin transport. In: Davies PJ (ed) *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. Kluwer Acad. Press. p. 437-470.
- Neto VBP, LB Reis, FL Finger, RS Baros, CR Carvalho & WC Otoni (2009). Involvement of ethylene in the rooting of seedling shoot cultures of *Bexa orellana* L. *In Vitro Dev Biol Plant* 45, 693-700.
- Nizam K & S Te-Chato (2009). Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs). *J Agri Technol* 5(2), 371-383.
- Nourissier S & O Monteuis (2008). *In vitro* rooting of two *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* mature clones. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 44, 263-272.
- Pan R & X Tian (1999). Comparative effect of IBA, BSAA and 5,6-Cl₂-IAA-Me on the rooting of hypocotyl in mung bean. *Plant Growth Reg* 27, 91-98.
- Rival A, F Bernard & Y Mathieu (1997). Changes in peroxidase activity during *in vitro* rooting of oil palm. *Sci Hort* 71, 103-112.
- Riyadi I & JS Tahardi (2009). Perbanyakannya *in vitro* tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) melalui tunas aksiler dan apikal. *Menara Perkebunan* 77(1), 36-46.
- Tahardi JS (1994). Micropropagation of tea through shoot proliferation from excised axillary buds. *Menara Perkebunan* 62(2), 20-24.