

## PENGARUH CAHAYA ALAMI PADA MASA *IN VITRO HARDENING* TERHADAP PERKEMBANGAN PLANTLET KELAPA SAWIT

Ernayunita dan Yohannes M.S. Samosir

**Abstrak** Pemanfaatan cahaya alami (*solar irradiance*) pada kultur jaringan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi klon. Hasil percobaan pendahuluan menunjukkan bahwa *plantlet* fase perkembangan akar yang ditempatkan di rumah kaca dengan cahaya alami selama 1, 2, 3, atau 4 minggu dapat diaklimatisasi dengan baik dan berhasil tumbuh hingga fase *Pre Nursery*. Pengujian secara statistik memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan *plantlet* yang mengikuti prosedur standar, yaitu ditempatkan di ruang kultur dengan cahaya buatan (*fluorescence light*). Penelitian lanjutan mengikuti rancangan acak lengkap faktorial dengan 10 ulangan yang masing-masing ulangan terdiri dari 2 sampel. Ada dua faktor yang diuji yaitu jenis klon (MK 640, MK 692 dan MK 698) dan lama pemberian cahaya alami pada planlet diantaranya kontrol (cahaya buatan selama 2 bulan); cahaya buatan selama 1 bulan di laboratorium dilanjutkan 1 bulan cahaya alami di rumah kaca; dan cahaya alami selama 2 bulan. Hasil percobaan menunjukkan pemberian cahaya alami 1 dan 2 bulan tidak berdampak negatif terhadap kontaminasi kultur, tingkat keberhasilan aklimatisasi, dan pertumbuhan *plantlet* pada tahap ramet. Kontaminasi pasca perlakuan <1% dengan keberhasilan hidup planlet pasca aklimatisasi dan ramet tinggi yaitu >95% pada semua perlakuan. Aplikasi hasil penelitian ini diharapkan dapat memperpendek masa kultur di ruang cahaya selama 2 bulan. Selain penghematan ruang, pemindahan kultur fase perakaran ke ruang kaca juga

akan menghemat penggunaan energi listrik di ruang cahaya laboratorium kultur jaringan.

**Kata kunci:** *Kultur jaringan, Elaeis guineensis, aklimatisasi, pencahayaan alami.*

**Abstract** Utilization of solar irradiance in oil palm tissue culture aims to improve the efficiency of clone production process. The preliminary research showed that plantlets in the phase of root development placed in a greenhouse with solar irradiance for 1,2,3 or 4 weeks were well acclimatized and successfully grown to pre nursery phase. Statistical analysis showed that the results were not significantly different with plantlets under standard procedure, which was placed in the culture room with fluorescent light. Further research was then carried out using a randomized completely factorial design with 10 replications, each replication consisted of two samples. There were two factors that were tested , those were the types of clones and the duration of solar irradiance treatments. The types of clone were MK 640, MK 692 and MK 698. The duration of solar irradiation treatments were control (fluorescence light treatment for 2 months); fluorescence light treatment in the laboratory for 1 month followed by solar irradiance treatment for 1 month in the glass house, and solar irradiance treatment for 2 months. This study showed that the treatment of solar irradiance for 1 and 2 months did not resulted in negative impacts on culture contamination, acclimatization process, and growth of planlets in ramet phase. In all treatments, post-treatment contamination was <1%, while the survival rate of post acclimatization plantlets and ramet were > 95%. The results of this study indicate that culture periode in light room can be shortened 2 months, which means the reduction in the use of space and energy.

**Keywords:** tissue culture, *Elaeis guineensis*, acclimatized, solar irradiance.

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Ernayunita (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia  
Email: ernayunita\_25@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Permintaan terhadap bahan tanaman unggul kelapa sawit akan semakin meningkat di masa mendatang sejalan dengan minat untuk intensifikasi mengingat keterbatasan lahan untuk ekspansi dan gencarnya tekanan isu lingkungan dalam pembukaan areal baru. Penggunaan bahan tanaman unggul yang diproduksi melalui proses kultur jaringan (klon) telah terbukti dapat meningkatkan produksi TBS 10% hingga 45% dibandingkan dengan asal benih (Duval *et al.*, 1997 *cit.* Samosir *et al.*, 2010). Diperkirakan permintaan terhadap klon juga akan meningkat terus. Hal ini mendorong perlunya percepatan pengembangan teknik kultur jaringan kelapa sawit.

Berbagai upaya peningkatan efisiensi proses kultur jaringan berbagai spesies tanaman telah dilakukan seperti memperpendek masa kultur *in vitro* yang memerlukan ruang kultur dengan pencahayaan buatan (*fluorescence light*). Pada umumnya semakin cepat kultur dipindahkan keluar dari ruang laboratorium, proses produksi semakin efisien karena penghematan ruang yang menggunakan banyak energi listrik untuk pengaturan pencahayaan, temperatur, dan kelembaban. Percepatan atau pengembangan aklimatisasi (*hardening*) tanaman kultur jaringan baik sebelum atau sesudah dipindahkan ke kondisi *ex vitro* dapat dilakukan dengan berbagai cara termasuk *direct sowing*, *ex vitro rooting*, *biotization* (*microbial inoculation*), dan *photoautotrophic*. Hal ini dimungkinkan untuk plantlet yang telah mempunyai daun fungsional sehingga mampu melakukan fotosintesis menggunakan cahaya alami. Berbagai teknik tersebut telah dikembangkan pada berbagai spesies seperti kelapa (Samosir dan Adkins, 2005), tetapi belum dilakukan pada kelapa sawit.

Pemanfaatan cahaya alami (*solar radiant*) untuk proses *in vitro* *hardening* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses produksi klon. Hal ini berdasarkan pemikiran bahwa plantlet telah mampu bergantung sebagian atau sepenuhnya terhadap metabolit yang diproduksi melalui proses fotosintesis (*auto-and-heterotrophic*). Penelitian ini bertujuan mempersingkat masa pemeliharaan kultur di ruang cahaya laboratorium dengan memberikan cahaya alami pada fase akhir proses *in vitro* (fase pengembangan sistem perakaran) plantlet kelapa sawit.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian pendahuluan di Laboratorium Kultur Jaringan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Bahan yang digunakan diantaranya *plantlet* MK 698 pada kondisi *in vitro* fase perakaran dalam media cair (Media R), fungisida (Dithane), *potting mix* (campuran *top soil*, kompos dan pasir), dan plastik. Alat-alat yang digunakan adalah lampu *fluorescence*, tabung kultur, rak, penampan, dan *lux meter*. Percobaan mengikuti rancangan acak lengkap faktor tunggal, dengan 10 ulangan yang masing-masing ulangan terdiri dari 2 sampel. Perlakuan yang diuji adalah lama plantlet dipapar pada cahaya alami di rumah kaca yang menggunakan paronet, selama 1, 2, 3, dan 4 minggu sebelum dilakukan aklimatisasi.

Penelitian pendahuluan kemudian diikuti dengan penelitian lanjutan dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan PPKS. Bahan yang digunakan diantaranya planlet MK 640, MK 692 dan MK 698 pada kondisi *in vitro* fase perakaran dalam media cair (Media R), fungisida (Dithane), *potting mix* (campuran *top soil*, kompos dan pasir), dan plastik. Alat-alat yang digunakan adalah lampu *fluorescence*, tabung kultur, rak, penampan, dan *lux meter*. Percobaan mengikuti rancangan acak lengkap faktorial, dengan 10 ulangan yang masing-masing ulangan terdiri dari 2 sampel. Ada dua faktor yang diuji yaitu jenis klon (MK 640, MK 692 dan MK 698) dan lama pemberian cahaya alami (kontrol, plantlet dipelihara mengikuti standar laboratorium yaitu menggunakan cahaya buatan (*fluorescence light*) selama 2 bulan; pemberian cahaya buatan selama 1 bulan di laboratorium dilanjutkan 1 bulan cahaya alami di rumah kaca; dan tanpa pemberian cahaya buatan tetapi 2 bulan diberi cahaya buatan). Analisis yang digunakan yaitu *Analysis of Variance* (ANOVA) setelah data ditransformasi akar kuadrat ( $\sqrt{x+0.5}$ ) untuk memenuhi kriteria ANOVA.

Plantlet pada kondisi *in vitro* fase perakaran (2 bulan sebelum aklimatisasi) dipilih secara acak kemudian diberi perlakuan sesuai rancangan. Plantlet yang mendapat perlakuan 1 atau 2 bulan cahaya alami ditempatkan di atas penampan berisi air setinggi 1 cm dan diletakkan di rumah kaca, sedangkan yang tidak mendapat cahaya alami (sebagai kontrol) tetap dipelihara di laboratorium

kultur jaringan dengan pemberian cahaya buatan. Air pada penampakan diganti setiap 3 hari untuk mencegah perkembangan lumut dan gangguan serangga (semut). Pada akhir perlakuan cahaya, semua plantlet dicuci dengan air mengalir, diberi perlakuan fungisida sebelum ditanam pada polibeg (15 x 21) cm yang berisi *potting mix*. Polibeg disungkup secara individu dengan plastik transparan dan ditempatkan di rumah kaca untuk proses aklimatisasi mengikuti prosedur baku yang diterapkan untuk sistem produksi klon PPKS. Setelah 14 hari, sungkup dibuka dan tanaman dipelihara dengan prosedur baku sebagai ramet.

Pengamatan dilakukan untuk melihat keragaan plantlet pada masa pemberian cahaya, aklimatisasi dan fase ramet. Peubah yang diamati adalah kejaguran tanaman (visual), tinggi tanaman, jumlah daun dan tingkat keberhasilan aklimatisasi. Selain itu

kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, kontaminasi dan serangan serangga juga diamati.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa adanya perlakuan pemberian cahaya alami selama 1 hingga 4 minggu memberikan hasil yang tidak berbeda nyata pada parameter tinggi tanaman, jumlah akar primer, dan jumlah akar sekunder (Tabel 1). Adanya perbedaan waktu paparan cahaya alami belum dapat memberikan pengaruh yang nyata pada parameter tersebut. Hal ini juga terjadi pada parameter jumlah daun segar planlet pada tahap pertumbuhannya di beberapa fase. Pada fase akhir perlakuan pemberian cahaya, akhir fase aklimatisasi, fase ramet, hingga *Pre Nursery*, jumlah daun segar tidak berbeda nyata pada semua perlakuan. Perbedaan perlakuan lama pemberian cahaya alami tidak berbeda nyata dengan prosedur standar yang biasa digunakan dalam

Tabel 1. Tinggi tanaman, jumlah akar primer dan sekunder pada akhir perlakuan cahaya.

Lama perlakuan cahaya	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah akar primer	Jumlah akar sekunder
4 minggu cahaya buatan	12,820 a	0,540 a	11,330 a
1 minggu cahaya buatan, 3 minggu cahaya alami	11,320 a	0,570 a	10,530 a
2 minggu cahaya buatan, 2 minggu cahaya alami	13,470 a	1,070 a	19,140 a
3 minggu cahaya buatan, 1 minggu cahaya alami	14,190 a	0,890 a	15,530 a
4 minggu cahaya alami	14,030 a	0,850 a	14,100 a

Keterangan :

- Data telah ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat  $\sqrt{x + 0,5}$
- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 2. Jumlah daun segar pada akhir pemberian perlakuan cahaya, akhir fase aklimatisasi (1 bulan), dan fase ramet (2 minggu setelah aklimatisasi).

Lama perlakuan cahaya	Akhir perlakuan cahaya <sup>a</sup>	Akhir fase aklimatisasi <sup>b</sup>	Ramet <sup>c</sup>	<i>Pre Nursery</i> <sup>d</sup>
4 minggu cahaya buatan	4,140 a	4,000 a	3,210 a	2,960 a
1 minggu cahaya buatan, 3 minggu cahaya alami	3,780 a	4,000 a	2,390 a	2,530 a
2 minggu cahaya buatan, 2 minggu cahaya alami	4,100 a	3,640 a	2,350 a	2,250 a
3 minggu cahaya buatan, 1 minggu cahaya alami	4,640 a	3,920 a	3,070 a	2,640 a
4 minggu cahaya alami	3,960 a	3,710 a	2,600 a	2,750 a

Keterangan :

- Data telah ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat  $\sqrt{x + 0,5}$
- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

produksi planlet yaitu penggunaan cahaya buatan selama 4 minggu di dalam Laboratorium.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, maka dilakukan verifikasi dengan penelitian serupa namun menggunakan rentang waktu yang lebih lama yaitu 1 dan 2 bulan pemberian cahaya alami. Secara umum pemberian cahaya alami pada plantlet selama fase perakaran (1 atau 2 bulan terakhir kondisi *in vitro*) di rumah kaca berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman baik pada masa *in vitro* maupun pada fase berikutnya diaklimatisasi dan ramet. Tanaman tumbuh baik (jagur) dan tidak menunjukkan gejala stres (Gambar 1, 2, 3). Bahkan secara visual tidak menunjukkan perbedaan dibandingkan dengan plantlet yang mendapat cahaya buatan (*fluorescence light*) di ruang

kultur yang dipelihara mengikuti prosedur kultur jaringan konvensional. Intensitas cahaya di rumah kaca (menggunakan parafin) sekitar 9 kali lebih tinggi daripada di ruang kultur (517 lux).

Pengaruh positif dari pemberian cahaya alami juga tampak dari pengamatan kuantitatif pada jumlah daun, tinggi tanaman, jumlah akar primer dan sekunder. Begitupun, jenis klon memberikan pola respon berbeda terhadap perlakuan pemberian cahaya alami. Plantlet yang diberi cahaya alami cenderung lebih tinggi dibanding dengan hanya mendapat cahaya buatan (*fluorescence light*) di ruang kultur yang dipelihara mengikuti prosedur kultur jaringan konvensional (Tabel 3). Pada parameter tinggi tanaman, cenderung tidak berbeda nyata antar perlakuan, nilai tinggi tanaman terbesar pada semua



Gambar 1. *In Vitro Hardening* (dengan pemberian cahaya alami).



Gambar 2. Plantlet yang telah mendapat perlakuan cahaya diaklimatisasi.



Gambar 3. Plantlet tumbuh jagur pada fase ramet (pasca aklimatisasi).



Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah akar primer dan sekunder akhir pemberian perlakuan cahaya.

Jenis klon	Lama perlakuan cahaya	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah akar primer	Jumlah akar sekunder
MK 640	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	13,650 c	1,200 c	13,325 d
	Cahaya alami (1 bulan)	14,300 abc	2,150 b	27,800 ab
	Cahaya alami (2 bulan)	15,625 a	1,950 b	20,775 bc
MK 692	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	14,125 abc	2,300 b	17,275 c
	Cahaya alami (1 bulan)	14,225 abc	3,125 a	19,525 c
	Cahaya alami (2 bulan)	14,925 abc	3,025 a	29,750 a
MK 698	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	14,900 abc	1,325 c	11,850 d
	Cahaya alami (1 bulan)	13,925 bc	2,150 b	21,525 bc
	Cahaya alami (2 bulan)	15,375 ab	2,125 b	23,875 abc

Keterangan :

- Data telah ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat  $\sqrt{x + 0,5}$

- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

MK yaitu pada perlakuan pemberian cahaya selama 2 bulan. Respon positif yang serupa juga tampak dari jumlah akar primer dan sekunder yang lebih banyak pada plantlet yang diberi cahaya buatan dibandingkan dengan pemberian cahaya alami (Tabel 3). Jumlah akar primer dan sekunder pada pemberian cahaya alami selama 1 dan 2 bulan memberikan hasil yang berbeda nyata dibandingkan cahaya buatan baik pada MK 640, MK 692, dan MK 698.

Terdapat kecenderungan penurunan jumlah daun (tetapi tidak substansial) pada akhir pemberian

perlakuan jika plantlet diberi cahaya alami di rumah kaca dibandingkan dengan jika tetap mendapat cahaya buatan di ruang kultur, khususnya MK 640 dan MK 698 (Tabel 4). Jumlah daun MK 640, perlakuan cahaya buatan dan alami selama 2 bulan berbeda nyata dengan perlakuan cahaya buatan pada pengamatan di akhir perlakuan, akhir fase aklimatisasi dan ramet.

Pada awalnya, pemberian cahaya alami di rumah kaca pada plantlet dikuatirkan akan menyebabkan kontaminasi karena plantlet masih

Tabel 4. Jumlah daun segar yang diamati pada akhir pemberian perlakuan cahaya, akhir fase aklimatisasi (1 bulan), dan fase ramet (2 minggu setelah selesai aklimatisasi).

Jenis klon	Lama perlakuan cahaya	Akhir perlakuan cahaya <sup>a</sup>	Akhir fase aklimatisasi <sup>b</sup>	Ramet <sup>c</sup>
MK 640	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	6,075 a	5,025 a	4,900 ab
	Cahaya alami (1 bulan)	6,075 abc	5,450 a	5,175 a
	Cahaya alami (2 bulan)	4,725 bc	4,050 b	4,145 d
MK 692	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	4,950 abc	4,225 b	4,183 dc
	Cahaya alami (1 bulan)	4,825 abc	4,075 b	4,100 d
	Cahaya alami (2 bulan)	5,325 ab	4,050 b	4,008 e
MK 698	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	4,975 ab	3,950 b	3,923 d
	Cahaya alami (1 bulan)	4,825 c	4,400 b	4,205 bc
	Cahaya alami (2 bulan)	4,775 abc	4,125 b	4,633 dc

Keterangan :

- Data telah ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat  $\sqrt{x + 0,5}$

- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

berada pada tabung kultur dengan media yang mengandung mineral dan karbohidrat (sukrosa). Untuk mengatasi masalah kontaminasi dilakukan pencegahan dengan membalut tutup tabung kultur dengan plastik seal dan menempatkan rak tabung kultur di atas penampang yang berisi air bersih (Gambar 1). Air tersebut diganti setiap 3 hari untuk menghindari akumulasi mikroorganisma dan serangan semut. Berdasarkan Tabel 5., kontaminasi pada akhir perlakuan (saat pencucian planlet) tingkat kontaminasi sangat kecil, yaitu kurang dari 1% untuk semua perlakuan.

Planlet tumbuh dalam kondisi jagur sampai fase ramet (Gambar 1 dan 3). Selain pengamatan kejaguran, dampak pemberian cahaya juga dilihat dari tingkat keberhasilan hidup (*survival rate*) plantlet melalui aklimatisasi dan ramet. Tingkat keberhasilan hidup planlet setelah aklimatisasi dan fase ramet memberikan persentase keberhasilan hidup yang tinggi yaitu lebih dari 95% pada semua perlakuan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian cahaya alami selama 1 atau 2 bulan memberikan hasil yang sama baiknya dengan perlakuan cahaya buatan.

Pada MK 698, tingkat keberhasilan hidup tinggi namun belum mencapai 100% bila dibandingkan dengan MK lainnya. Hal ini dikarenakan pada MK yang berbeda, kemampuan hidup planlet di aklimatisasi dan ramet juga berbeda. Tingkat keberhasilan hidup planlet pada aklimatisasi dan fase selanjutnya diduga

masih dapat meningkat jika pemberian cahaya alami sebagai upaya *hardening* diaplikasikan pada klon-klon yang sulit diaklimatisasi. Terdapat beberapa jenis klon kelapa sawit yang relatif sulit diaklimatisasi dan mempunyai *survival rate* yang rendah.

Dampak positif cahaya alami yang diamati pada penelitian ini dapat dikaitkan dengan perbaikan morfologi plantlet seperti terlihat dari tinggi tanaman dan perkembangan akar yang lebih baik (Tabel 3). Praktek kultur jaringan secara umum yang mengharuskan penempatan kultur pada kondisi *in vitro* di ruang kultur yang diberi penyinaran buatan menyebabkan plantlet mempunyai anatomi dan morfologi yang buruk seperti lapisan kutikula tipis, jumlah stomata yang rendah dan tidak berfungsi normal, signifikasi menurun, lambatnya serapan hara, perkembangan sistem jaringan pembuluh tidak normal, dan *hyperhidricity* (Ziv, 1991). Upaya perbaikan karakter tersebut dapat dilakukan dengan *hardening* sebelum plantlet dipindahkan ke kondisi *ex vitro*. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya pemberian cahaya alami seperti yang dilaporkan pada berbagai spesies seperti kelapa (Talavera et al., 2006), eukaliptus (Zobayed et al., 2001), teh (Pandey et al., 2000), kopi (Afreen et al., 2002), dan pisang (Kodym et al., 2001).

Selain bermanfaat untuk perbaikan morfologi plantlet, pemberian cahaya alami pada masa perakaran berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan ruang

Tabel 5. Tingkat kontaminasi dan keberhasilan hidup (*survival rate*).

Jenis klon	Lama perlakuan cahaya	Kontaminasi pada akhir perlakuan cahaya (%)	Keberhasilan hidup	
			Pasca aklimatisasi (%)	Ramet (%)
MK 640	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	0	100	98
	Cahaya alami (1 bulan)	0,017	98	100
	Cahaya alami (2 bulan)	0	100	100
MK 692	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	0	100	100
	Cahaya alami (1 bulan)	0	100	100
	Cahaya alami (2 bulan)	0	100	100
MK 698	Cahaya buatan (2 bulan, kontrol)	0,017	98	98
	Cahaya alami (1 bulan)	0	95	97
	Cahaya alami (2 bulan)	0	98	98

Keterangan :

- Data telah ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat  $\sqrt{(x + 0,5)}$
- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

kultur di laboratorium sebagai akibat pemindahan tabung-tabung kultur ke rumah kaca. Dari hasil percobaan ini diketahui bahwa fase perakaran (2 bulan) dapat dilakukan di rumah kaca yang biasanya (menurut prosedur baku kultur jaringan) dilakukan di ruang cahaya di dalam laboratorium. Perubahan ini berpotensi meningkatkan efisiensi produksi karena biaya operasional dan investasi ruang cahaya laboratorium kultur jaringan biasanya jauh lebih besar dibandingkan dengan ruang di rumah kaca. Biaya tersebut termasuk listrik untuk pengaturan pencahayaan dan AC untuk pengendalian temperatur di ruang kultur. Aplikasi komersial teknik kultur jaringan sering terhambat dan terbatas untuk spesies tanaman tertentu karena mahalnya teknologi ini sehingga upaya pengurangan biaya sangat perlu dilakukan (Rout et al., 2006).

## KESIMPULAN

1. Pemberian cahaya alami pada plantlet kelapa sawit fase perakaran berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman pasca aklimatisasi dan ramet.
2. Perlakuan cahaya alami selama 1 dan 2 bulan memberikan persentase keberhasilan hidup planlet yang tinggi.
3. Keberhasilan hidup planlet pasca aklimatisasi dan ramet tinggi pada semua perlakuan yaitu mencapai lebih dari 95%.
4. Hasil percobaan ini berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya khususnya listrik dengan penghematan penggunaan ruang kultur cahaya hingga 2 bulan.
5. Dianjurkan untuk menguji teknik ini pada skala yang lebih besar dan pada berbagai jenis klon lainnya sebelum diterapkan pada skala komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Govil, S. and S.C. Gupta. 1997. Commercialization of plant tissue culture in India. *Plant Cell and Organ Culture* 50:65-73.
- Kodym, A., S. Hollenthoner, and F.J. Zapata-Arias. 2001. Cost reduction in the micropropagation of banana by using tubular skylights as source for natural lighting. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 37(2):237-242.
- Pandey, A., L.M.S. Palni, and N. Bag. 2000. Biological hardening of tissue culture raised tea through rhizosphere bacteria. *Biotechnology Letters* 22:1087-1091.
- Rout, G.R., A. Mohapatra, and S.M. Jain, 2006. Tissue culture of ornamental pot plant: A critical review on present scenario and future prospects. *Biotechnology Advances* 24(6): 531-560.
- Samosir, Y.M.S., H.E. Iswandar, I. Mariska, R. Enggriyani, Sumaryono, and T. Liwang. 2010. Progress in oil palm tissue culture in Indonesia. In: Siahaan, D., Samosir, Y.M.S., Herawan, Rahutomo, S., Jatmika, A., Erwinskyah, Susanto, A., Sutarta, E.S., Panjaitan, F.R., Hasibuan, H.A. 2010. Proceedings of International Oil Palm Conference 2010. Indonesian Oil Palm Research Institute, Medan. p. 199- 213
- Samosir, Y.M.S. and Adkins, S.W. 2005. Coconut embryo culture: CO<sub>2</sub>-enrichment and root aeration for improved seedling establishment. In: Peiris, T.S.G. and C.S. Ranasinghe (eds) Proceedings of the International Conference of the Coconut Research Institute of Sri Lanka – Part 2 (Contributed Papers). The Coconut Research Institute of Sri Lanka, Lunuwila. p 92-102.
- Talavera, C., F. Contreras, F. Espadas, G. Fuentes, and J.M. Santamaría. 2006. Cultivating *in vitro* coconut palms (*Cocos nucifera*) under glasshouse conditions with natural light, improves *in vitro* photosynthesis nursery survival and growth. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 83(3):287-292.
- Ziv, M. 1991. Vitrification: morphological and physiological disorders of *in vitro* plants. In: In. Deberg P.C. and Zimmermann R.M. (eds) Micropropagation, Technology and Application. Kluwer Academic Publication, Dordrecht. p 45-69.
- Zobayed, S.M.A., Afreen F., and Kozai T. 2001. Physiology of *Eucalyptus* plantlets grown photoautotrophically in a scaled-up vessel. *In Vitro Cellular Biology – Plant* 37:807-813.