

RESPON PLANLET KELAPA SAWIT TERHADAP PENAMBAHAN BAHAN PENGIKAT AIR DAN KEKERAPAN PENYIRAMAN

Subronto, Fadzri Purnomo¹, dan Sjafrul Latif

ABSTRAK

Bibit kelapa sawit yang berasal dari perbanyakan secara in-vitro sangat membutuhkan kelembaban yang tinggi, termasuk juga kelembaban tanah dalam pertumbuhannya. Untuk memberi suasana kelembaban tanah yang tinggi maka ketersediaan air tanah harus dipenuhi. Suatu percobaan pemakaian bahan pengikat air masing-masing 0,05; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 % yang dikombinasikan dengan kekerapan penyiraman; 1, 2, 4 dan 7 hari sekali, telah dilakukan pada tanaman kelapa sawit hasil perbanyakan secara in-vitro di Balai Penelitian Marihat, Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan pengikat air 0,15 % memberikan kadar air tanah yang sama seperti penyiraman dua kali sehari tanpa penambahan bahan pengikat air (kontrol). Hal ini berarti kehilangan air akibat evaporasi setara dengan air yang dapat diikat oleh 0,15 % bahan pengikat air yang ditambahkan ke dalam media pembibitan. Jumlah daun planlet kelapa sawit tidak menunjukkan adanya perbedaan sampai kekerapan penyiraman empat hari sekali pada konsentrasi bahan pengikat air 0,1%.

Kata kunci : *Elaeis guineensis*, bahan pengikat air, penyiraman, toleransi kekeringan, planlet

PENDAHULUAN

Pembibitan dalam industri kelapa sawit menduduki posisi penting, sebab kualitas bibit sangat menentukan tingkat produktivitas tanaman di lapangan. Pengembangan tanaman kelapa sawit tidak saja terdapat di kawasan perkebunan konvensional tetapi juga di kawasan yang sebelumnya tidak dikenal sebagai sentra perkebunan. Oleh karena lahan yang sesuai untuk perkebunan kelapa sawit semakin sempit, maka perluasan dan pengembangannya dewasa ini menuju ke lahan marginal, termasuk daerah yang curah hujannya kurang dari persyaratan optimum.

Untuk mengatasi masalah ketersediaan air di pembibitan, khususnya untuk klon kelapa sawit telah dicoba menggunakan suatu polimer organik, yaitu poliakrilamid sebagai bahan pengikat air, yang dicampur

dengan media tanah di polibeg. Poliakrilamid berfungsi sebagai penyerap air dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan kandungan air tanah pada kapasitas lapang dan menjaga water retention. Daya serap poliakrilamid terhadap air dapat mencapai 400 kali berat semula (1).

Penelitian ini bertujuan untuk: (i) menguji pengaruh penambahan bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap sifat-sifat fisiologis planlet kelapa sawit yang dihasilkan melalui perbanyakan *in-vitro*, (ii) menghitung kebutuhan air di tahap pembibitan awal, dan (iii) mengetahui toleransi planlet terhadap kondisi kekurangan air bila pembibitan dilakukan di daerah yang memiliki masalah dalam penyediaan air.

¹ Alumnus Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Marihat, Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Bahan tanaman hasil perbanyakan *in vitro* dikeluarkan dari tabung kultur. Planlet direndam di dalam air hangat (40°C) selama 10 menit. Kemudian planlet dicuci dengan air kran sampai bersih dari sisa media. Planlet yang akan ditanam dicelupkan ke dalam larutan fungisida (Benlate atau Dithane M-45) dengan konsentrasi 2 g/l selama 5 menit, kemudian dibilas dengan aquades steril dan dikering-anginkan. Selanjutnya planlet diaklimatisasi di dalam media pasir selama 3 minggu. Setelah itu setiap planlet ditanam pada media campuran tanah atas (*topsoil*): pasir 1:1 dan bahan pengikat air di dalam polibeg kecil sesuai dengan perlakuan.

Polibeg ditempatkan di atas rak beton dalam *screenhouse* dengan intensitas cahaya 50 % menggunakan paronet. Percobaan dirancang dengan rancangan acak kelompok dengan dua faktor dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Sebagai faktor perlakuan adalah konsentrasi bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman. Jumlah bibit per ulangan adalah 6 tanaman. Pemberian air setiap kali penyiraman adalah 100 ml/polibeg. Khusus untuk kontrol (penyiraman dua kali sehari tanpa penambahan bahan pengikat air) tidak dikombinasikan dengan perlakuan lainnya. Susunan perlakuan dan kedua faktor disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat konsentrasi bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman

Penyiraman Air	Konsentrasi bahan pengikat air
Setiap hari	0,05%
Dua hari sekali	0,10%
Empat hari sekali	0,15%
Seminggu sekali	0,20%

Peubah yang diamati mencakup:

- (1) sifat-sifat vegetatif (tinggi bibit, jumlah daun, diameter batang, luas daun, panjang akar yang terpanjang)
- (2) peubah fisiologis (Laju Asimilasi Bersih = $(W_2 - W_1) / (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)$ ($A_2 - A_1$) dan Laju Pertumbuhan Relatif = $\ln W_2 - \ln W_1 / t_2 - t_1$, dengan catatan hubungan antara A dan W linear dalam interval $t_2 - t_1$. W_1 dan W_2 adalah berat kering planlet pada pengamatan ke-1 dan ke-2. A_1 dan A_2 adalah luas daun planlet pada pengamatan ke-1 dan ke-2. t_1 dan t_2 adalah waktu pengamatan ke-1 dan ke-2
- (3) kadar air tanah
- (4) kandungan air relatif
berat basah - berat kering
 $= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat turgid} - \text{berat kering}} \times 100\%$

Untuk menjenuhkan kepingan daun (keadaan turgid), kepingan daun direndam dalam aquades selama 24 jam dan disinari cahaya lampu. Berat kering kepingan daun diukur dengan memanaskan kepingan daun tersebut dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C .

- (5) nisbah luas daun
$$\frac{\text{luas daun}}{\text{berat kering daun}} = \frac{\text{luas daun}}{\text{berat kering kepingan daun}} \times \frac{\text{berat kering kepingan daun}}{\text{berat kering daun}} \times 100\% \quad (\text{cm}^2/\text{g})$$
- (6) berat daun spesifik
$$\frac{\text{berat kering kepingan daun}}{\text{luas kepingan daun}} = \frac{\text{berat kering kepingan daun}}{\text{luas kepingan daun}} \times \frac{\text{berat kering daun}}{\text{luas daun}} \times 100\% \quad (\text{g/cm}^2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan kekerapan penyiraman menyebabkan peningkatan kadar air

tersedia. Dengan adanya butiran bahan pengikat air, air yang diberikan hanya sedikit mengalami evaporasi. Bahan pengikat air sampai dengan aras kekerapan penyiraman dua hari sekali mampu menyediakan air yang lebih banyak daripada kontrol (Tabel 2). Rerata penambahan bahan pengikat air sebesar 0,15 % dapat memberikan kadar air tanah yang sama seperti kontrol. Hal ini berarti kehilangan air akibat evaporasi setara dengan air yang diikat oleh 0,15 % bahan pengikat air yang ditambahkan ke dalam media pembibitan.

Tabel 2. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap kadar air tanah (% berat kering) planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	9,8	-	-	-	-	9,8
1 hari sekali	-	34,6	20,4	18,7	17,9	22,9 a
2 hari sekali	-	10,6	9,6	10,4	9,9	10,1 b
4 hari sekali	-	4,4	23,2	5,5	4,8	9,5 b
7 hari sekali	-	6,6	3,6	4,2	4,2	4,7 b
Rerata	9,8	14,0	14,2	9,7	9,2	11,8

Angka dengan tanda yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontras ortogonal

Pemberian bahan pengikat air sebesar 0,1 % menghasilkan kadar air tanah yang lebih tinggi dari pada tanpa pemberian bahan pengikat air (Tabel 2). Kenaikan ini disebabkan oleh meningkatnya volume agregat tanah sehingga air ditahan lebih banyak oleh tanah dan ruang antar partikel tanah menjadi lebih longgar. Perubahan ini memberikan ruang yang lebih banyak untuk ditempati air sehingga air tersedia bagi tanaman. Menurut Wallace dan Nelson (9) bahan pengikat air dapat memperbesar ruang pori tanah lempung, meningkatkan infiltrasi tanah, mencegah lepasnya agregat tanah serta menghentikan erosi dan limpasan (*leaching*). Wallace *et al.* (8) menam-

bahkan bahwa bahan pengikat air juga berfungsi sebagai bahan pemberah tanah, disamping dapat mengikat air juga berguna untuk meningkatkan pori tanah, mempercepat laju infiltrasi ke dalam tanah, meningkatkan permeabilitas tanah, memperbesar kapasitas lapang dan mencegah pengerasan tanah.

Status air pada tanaman dinyatakan dengan kadar air dan biasanya dihitung dalam persen berat basah. Kadar air berdasarkan persentase berat basah sebenarnya kurang tepat karena sering terjadi fluktuasi dan tidak sensitif terhadap perubahan yang kecil sehingga menimbulkan kesulitan dalam penggunaannya (6). Oleh karena itu, status air dinyatakan dalam keadaan turgid, yakni menghitung kandungan air relatif atau besaran yang menunjukkan banyaknya air yang dibutuhkan agar jaringan mencapai keadaan turgor. Kandungan air relatif pada penelitian ini diukur pada saat plantlet berumur 12 minggu. Pengaruh kekerapan penyiraman dan bahan pengikat air terhadap kandungan air disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap kandungan air relatif planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	0,77	-	-	-	-	0,77
1 hari sekali	-	0,84	0,77	0,80	0,65	0,77
2 hari sekali	-	0,68	0,81	0,70	0,80	0,75 tn
4 hari sekali	-	0,87	0,70	0,91	0,72	0,80
7 hari sekali	-	0,82	0,91	0,77	0,73	0,74
Rerata	0,77	0,80	0,80	0,80	0,73	0,78

Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata (tn) pada uji kontras ortogonal

Berat daun spesifik (BDS) menunjukkan nisbah berat kering kepingan daun dengan luas kepingan daun. Nisbah ini disebut sebagai tebal daun. BDS menya-

takan kapasitas daun dalam melakukan aktivitas fotosintesis. Nisbah tersebut mengekspresikan kekuatan sumber (wadah), yaitu ukuran alokasi biomas di dalam daun. BDS juga menggambarkan derajat perkembangan mesofil di dalam daun. BDS planlet berumur 12 minggu cenderung memberikan nilai yang lebih tinggi dari pada kontrol untuk semua faktor perlakuan baik kekerapan penyiraman maupun bahan pengikat air (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa bahan pengikat air mampu mengefisiensikan fotosintesis yang dicerminkan oleh tersimpannya biomassa yang lebih besar. Dengan perkataan lain, kontrol menghasilkan daun yang luas dan tipis sedangkan perlakuan lainnya menghasilkan daun yang lebih sempit dan tebal. Perlakuan kekerapan penyiraman memberikan nilai BDS planlet berumur 12 minggu yang berbeda nyata antara kekerapan penyiraman sehari sekali dengan dua hari sekali.

Tabel 4. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap berat daun spesifik (g/cm^2) planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	4,61	-	-	-	-	4,61
1 hari sekali	-	5,44	4,88	5,08	5,27	5,17 a
2 hari sekali	-	5,09	3,82	4,30	4,73	4,49 b
4 hari sekali	-	4,84	4,90	4,64	5,01	4,84 ab
7 hari sekali	-	5,27	4,66	4,06	4,95	4,72 ab
Rerata	4,61	5,15	4,57	4,52	4,99	4,81

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kotas ortogonal

Tidak terdapat perbedaan yang nyata nisbah luas daun (NLD) antara kontrol dengan perlakuan. Rerata peningkatan konsentrasi bahan pengikat air cenderung menurunkan NLD, sedangkan pada perlakuan kekerapan penyiraman terdapat perbedaan antara penyiraman empat hari sekali de-

ngan yang lainnya (Tabel 5). NLD merupakan indeks morfologi tanaman yang menunjukkan jumlah fotosintat yang dihasilkan per bahan kering tanaman. Selain itu NLD juga dapat menggambarkan proporsi antara jaringan yang berfotosintesis dan tidak. Peningkatan konsentrasi bahan pengikat air ternyata menurunkan nilai NLD. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pengikat air menyebabkan jaringan yang melakukan fotosintesis, yaitu daun lebih kecil jumlahnya/massanya dibanding dengan jaringan yang tidak melakukan fotosintesis. Artinya biomass yang dihasilkan lebih banyak ditimbun pada jaringan bukan daun.

Tabel 5. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap nisbah luas daun (cm^2/g) planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	0,40	-	-	-	-	0,40
1 hari sekali	-	0,34	0,29	0,39	0,34	0,34 a
2 hari sekali	-	0,46	0,27	0,30	0,29	0,33 a
4 hari sekali	-	0,33	0,29	0,29	0,27	0,30 b
7 hari sekali	-	0,41	0,31	0,30	0,30	0,33 a
Rerata	0,40	0,40	0,29	0,32	0,30	0,32

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kotas ortogonal

Kemampuan tanaman dalam upaya efisiensi fotosintesis diukur melalui laju asimilasi bersih (LAB) yaitu laju penimbunan berat kering per satuan luas daun per satuan waktu. LAB antara kontrol dengan perlakuan yang dicoba tidak menunjukkan perbedaan nyata. Walaupun begitu, kekerapan penyiraman ataupun peningkatan bahan pengikat air cenderung memberikan nilai yang lebih tinggi daripada kontrol. Pada perlakuan kontrol nilai LAB relatif lebih kecil daripada perlakuan lainnya (Tabel 6). Hal ini disebabkan perbedaan status air sehingga daun kurang efisien dalam me-

manfaatkan sinar matahari. Kekurangan air dalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan berkurangnya air dalam sel mesofil daun terutama pada sel penjaga (*guard cell*) dari stomata. Selanjutnya sel penjaga mendorong menutupnya stomata sehingga menghambat difusi CO_2 yang merupakan komponen penting dalam fotosintesis. Berkurangnya air dan CO_2 dapat menyebabkan terganggunya fotosintesis dan berakibat LAB dan asimilat yang dihasilkan relatif sedikit (6).

Tabel 6. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap laju asimilasi bersih ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{minggu}$) planlet berumur 12 minggu

Frekuensi Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	0,34	-	-	-	-	0,34
1 hari sekali	-	0,46	0,38	0,42	0,40	0,42
2 hari sekali	-	0,07	0,56	0,48	0,46	0,39 tn
4 hari sekali	-	0,13	0,46	0,52	0,52	0,40
7 hari sekali	-	0,08	0,57	0,49	0,37	0,38
Rerata	0,34	0,18	0,49	0,48	0,44	0,40

Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji konsens. ortogonal

tn = tidak nyata

Laju pertumbuhan relatif (LPR) merupakan petunjuk peningkatan berat kering tanaman pada suatu interval waktu tertentu dalam hubungannya dengan berat sebelumnya. LPR planlet kelapa sawit umur 12 minggu tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara kontrol dengan macam perlakuan yang dicobakan.

Perlakuan kekerapan penyiraman dan bahan pengikat air, baik pengurangan kekerapan penyiraman maupun peningkatan konsentrasi bahan pengikat air, cenderung menghasilkan nilai LPR yang lebih kecil (Tabel 7). Nilai LPR berkaitan dengan efisiensi penangkapan cahaya oleh daun dan merupakan hasil interaksi antara LAB dan luas daun. Meskipun luas daun tinggi tetapi tidak diimbangi oleh LAB yang

tinggi maka tanaman akan menghasilkan LPR yang rendah.

Tabel 7. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap laju pertumbuhan relatif ($\text{g}/\text{g}/\text{minggu}$) planlet berumur 12 minggu

Frekuensi Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	0,17	-	-	-	-	0,17
1 hari sekali	-	0,25	0,19	0,16	0,17	0,19
2 hari sekali	-	0,19	0,17	0,18	0,14	0,17 tn
4 hari sekali	-	0,17	0,20	0,19	0,17	0,18
7 hari sekali	-	0,18	0,13	0,17	0,12	0,15
Rerata	0,17	0,20	0,17	0,17	0,15	0,17

Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontras ortogonal

tn = tidak nyata

Pertumbuhan vegetatif planlet pada umur 12 minggu digambarkan dalam satuan luas daun, jumlah daun, diameter batang, dan tinggi tanaman disajikan pada Tabel 8 –12. Terdapat perbedaan luas daun yang nyata antara kontrol dengan rerata perlakuan yang diuji pada planlet kelapa sawit umur 12 minggu. Pada perlakuan kekerapan penyiraman juga terdapat perbedaan yang nyata antara kekerapan empat hari sekali dengan seminggu sekali. Kekerapan penyiraman yang relatif lama menyebabkan berkurangnya ketersediaan air dalam tanah (Tabel 8). Berkurangnya air yang tersedia dalam tanah mengakibatkan ukuran daun menjadi semakin kecil karena luas daun sangat dipengaruhi oleh kandungan air tanah. Air yang diserap oleh tanaman akan digunakan untuk perkembangan dan pertumbuhan sel serta untuk menaikkan tekanan turgor. Dengan perkataan lain, kekurangan air pada fase vegetatif dapat menyebabkan turgor dari sel penjaga (*guard cell*) stomata menurun. Dengan demikian stomata menutup dan difusi CO_2 terhambat sehingga

asimilat yang dihasilkan berkurang. Apabila hal ini terjadi, maka pembelahan dan perpanjangan sel terkendala, akibatnya luas daun tidak bertambah. Untuk menjaga keseimbangan air, maka transpirasi harus dikurangi dan luas daun yang sempit dapat menjaga kandungan air.

Tabel 8. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap luas daun (cm^2) planlet berumur 12 minggu

Frekuensi	Konsentrasi bahan pengikat air (%)						
	Penyiraman	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	44,0	-	-	-	-	-	44,0
1 hari sekali	-	27,0	28,6	26,1	30,0	27,9 ab	
2 hari sekali	-	38,3	24,7	28,7	20,6	28,1 ab	
4 hari sekali	-	25,5	29,7	39,0	29,7	31,0 a	
7 hari sekali	-	26,0	19,6	25,6	18,9	22,5 b	
Rerata	44,0 x	29,2	25,7	29,8	24,8	27,4 y	

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontrol ortogonal

Data pada Tabel 9 menunjukkan bahwa tinggi planlet kelapa sawit berumur 12 minggu yang diukur dari permukaan tanah sampai pada helaihan daun yang terpanjang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara kontrol dengan macam perlakuan yang dicobakan. Peningkatan konsentrasi bahan pengikat air maupun penjarangan kekerapan penyiraman cenderung mengurangi tinggi planlet kecuali pada penyiraman empat hari sekali (Tabel 9). Menurut Gardner *et al* (4), fotosintesis sangat ditentukan oleh ketersediaan air dan luasan daun yang mengabsorbsi sinar matahari, dan jika asimilat yang dihasilkan oleh daun sedikit maka pertumbuhan dan perkembangan helaihan daun juga terhambat. Oleh karena luas daun adalah hasil kali antara panjang dan lebar anak daun, maka salah satu atau kedua komponen ini akan berkurang.

Tabel 9. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap tinggi planlet (cm) berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	22,0	-	-	-	-	22,0
1 hari sekali	-	18,4	20,0	19,1	20,4	19,5
2 hari sekali	-	22,6	19,1	17,0	17,0	18,9
4 hari sekali	-	18,8	20,7	23,0	23,0	21,1 tn
7 hari sekali	-	20,6	20,1	18,6	18,6	19,2
Rerata	22,0	20,1	20,0	19,4	19,5	19,7

Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontrol ortogonal

tn = tidak nyata

Diameter batang planlet kelapa sawit berumur 12 minggu tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara kontrol dengan kedua jenis perlakuan yang diuji (Tabel 10). Peningkatan konsentrasi bahan pengikat air cenderung menurunkan diameter batang. Sedangkan perlakuan kekerapan penyiraman empat hari sekali berbeda nyata dengan seminggu sekali. Pengamatan pada diameter batang menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter batang semakin kecil jika kekerapan penyiraman relatif jarang, kecuali pada penyiraman empat hari sekali.

Tabel 10. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap diameter batang (mm) planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	6,84	-	-	-	-	6,84
1 hari sekali	-	6,14	6,68	5,49	6,47	6,20 ab
2 hari sekali	-	6,04	6,29	6,48	5,65	6,12 ab
4 hari sekali	-	5,81	6,92	7,67	7,05	6,87 a
7 hari sekali	-	5,34	5,33	6,19	5,28	5,54 b
Rerata	6,84	5,84	6,30	6,46	6,11	6,18

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontrol ortogonal

Jumlah daun planlet kelapa sawit umur 12 minggu tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata antara kontrol dengan kedua jenis perlakuan yang dicobakan. Jumlah daun planlet kelapa sawit tidak menunjukkan adanya perbedaan sampai kekerapan penyiraman empat hari sekali pada penambahan bahan pengikat air 0,1 %. Baik pengurangan kekerapan penyiraman ataupun peningkatan bahan pengikat air cenderung menurunkan jumlah daun (Tabel 11).

Tabel 11. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap jumlah daun planlet berumur 12 minggu

Frekuensi Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	6,6	-	-	-	-	6,6
1 hari sekali	-	7,2 a	6,2 abcd	5,9 cde	6,3 abcd	6,4
2 hari sekali	-	6,6 abc	6,4 abcd	7,1 ab	5,4 de	6,4
4 hari sekali	-	5,9 cde	6,2 abcd	6,4 abcd	6,4 abcd	6,3
7 hari sekali	-	6,0 bcde	6,0 bcde	5,9 cde	5,0 e	5,7
Rerata	6,6	6,4	6,2	6,3	,8	6,2

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$, dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontras ortogonal

Kekurangan air di dalam daun akan menyebabkan dehidrasi protoplasma yang selanjutnya akan mengakibatkan kapasitas fotosintesis menurun, sel-sel daun kehilangan turgiditas dan tertutupnya stomata. Pada kelembaban udara yang rendah, bila transpirasi melebihi kapasitas penyerapan air maka keseimbangan air pada tanaman menjadi negatif. Untuk menjaga keadaan ini akar tanaman akan lebih berkembang, transpirasi melalui daun berkurang atau stomata menutup (5).

Data pada Tabel 12 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata panjang akar planlet kelapa sawit berumur 12 minggu antara kontrol dengan semua perlakuan yang dicobakan. Pada perlakuan

kerapan penyiraman, perbedaan yang nyata dijumpai antara penyiraman dua hari sekali atau seminggu sekali dengan penyiraman empat hari sekali.

Tabel 12. Pengaruh bahan pengikat air dan kekerapan penyiraman terhadap panjang akar (cm) planlet berumur 12 minggu

Penyiraman	Konsentrasi bahan pengikat air (%)					
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	Rerata
2 x sehari	12,7	-	-	-	-	12,7
1 hari sekali	-	15,5	16,9	14,0	17,5	16,0 ab
2 hari sekali	-	11,6	14,1	14,4	9,7	12,5 b
4 hari sekali	-	19,0	16,8	20,2	17,1	18,3 a
7 hari sekali	-	11,1	16,0	15,3	14,8	14,3 b
Rerata	12,7	14,3	16,0	16,0	14,8	15,3

Angka dengan huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada $p_{0,05}$ dengan uji DMRT. Kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji kontras ortogonal

Peningkatan konsentrasi bahan pengikat air cenderung memperpanjang akar (Tabel 12). Pengambilan air oleh sistem perakaran tanaman merupakan fungsi dan laju transpirasi, panjang akar (total akar dan akar aktif), laju penyerapan air per unit panjang akar dan perbedaan potensial air pada titik tertentu pada tanah dan pada tanaman (7).

Deanmead & Shaw (*dalam 2*) menyatakan bahwa dalam keadaan kekurangan air tanaman akan terhambat pertumbuhannya, yang ditunjukkan oleh berkurangnya pertumbuhan diameter batang dan jumlah daun (Martin, *dalam 2*). Tinggi tanaman dan luas daun mencerminkan kejaguran serta kemampuan bibit untuk berfotosintesis, sedangkan diameter batang berkorelasi erat dengan bobot kering total (3). Chin dan Nair (2) menunjukkan bahwa dengan pengurangan kekerapan penyiraman hingga 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 hari di rumah kaca menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bibit kelapa sawit asal benih dibandingkan dengan penyiraman setiap hari.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan pengikat air sebesar 0,15 % memberikan kadar air tanah yang sama dengan kontrol. Ini berarti bahwa kehilangan air akibat evaporasi ekuivalen dengan air yang dapat diikat oleh 0,15 % bahan pengikat air yang ditambahkan ke dalam media pembibitan.

Peningkatan konsentrasi bahan pengikat air cenderung menurunkan NLD. Hal ini digambarkan dari jaringan daun yang melakukan fotosintesis lebih kecil jumlahnya atau massanya dibandingkan dengan jaringan daun yang tidak melakukan fotosintesis.

Tidak terdapat perbedaan jumlah daun planlet kelapa sawit hingga kekerapan penyiraman empat hari sekali dengan penambahan bahan pengikat air 0,1 %. Disusumsikan bahwa kebutuhan air bibit asal kultur jaringan dapat dipenuhi dengan pemberian poliakrilamid sebesar 0,1% dan diiringi dengan penyiraman setiap empat hari sekali.

Bahan pengikat air mampu mengefisienkan fotosintesis yang ditunjukkan oleh tersimpannya biomassa yang lebih besar, seperti pertumbuhan akar yang lebih panjang dan diameter batang yang lebih besar. Bibit kelapa sawit asal kultur jaringan terlihat mampu beradaptasi terhadap

kekurangan air apabila pada media pertumbuhannya ditambahkan bahan pengikat air.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS, 1988. Alcosorb. Allied Colloids Agricultural Division. 45 pp.
2. CHIN, H.F. and K.C. SEKARAN NAIR, 1980. Effect of moisture stress on growth of oil palm *Elaeis guineensis* seedlings. The Planter, 56:3-10.
3. CORLEY, R.H.V.J.J. HARDON and G.Y. TAN, 1971. Analysis of growth of the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica, 20 : 304-315
4. GARDNER, F.P., R.B. PEARCE AND R.L. MITHCELL. 1991. Physiology of Crop Plant. (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa HERAWATI, S dan SUBIYANTO), Univ. Indonesia Press, Jakarta, 418 hal.
5. HSIAO, T.C., 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 519-570.
6. KRAMER, P.J., 1980. Plant and Soil Water Relationship. A Modern Synthesis. Tata Mc Graw Hill Publ. Coy. New Delhi. 482 pp.
7. TAYLOR, H.M. and B. KLEPPER, 1978. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. Adv. In Agronomy 30:99-127.
8. WALLACE, A., G.A. WALLACE and A.M. ABOUZAMZAM, 1986. Effects of soil conditioner on water relationships in soil. Soil Science 141 : 346-352.
9. WALLACE , A and S.D.NELSON, 1986. Foreword. Soil Science 141:311- 312

Response of oil palm plantlet on the addition of polymeric soil conditioner and watering frequency

Subronto, Fadzri Purnomo¹, and Sjafrul Latif

Abstract

Oil palm plantlet derived from in-vitro propagation required high moisture content including soil moisture for their growth. To provide a suitable moisture, the availability of soil water should be fulfilled. An experiment using 0.05, 0.1, 0.15 and 0.2 % polyacrylamide in combination with four levels of watering frequency (once every day, once every two days, once every four days and once every seven days) was carried out at Marihat Research Station, Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI). The objective of this experiment was to investigate the response of oil palm plantlet on water deficit at pre-nursery. The result showed that the addition of 0.15 % polyacrylamide to the soil medium gave soil water content equal to soil that was watered two times a day without polyacrylamide (control). This mean that water lost caused by evaporation equals to water hold by 0.15 % polyacrylamide added to soil. The total number of plantlet leaf has no significant different up to four days watering frequency in combination with 0.10 % polyacrylamide.

Key word : *Elaeis guineensis*, polyacrylamide, watering frequency, drought tolerance, plantlet

Introduction

Nursery in oil palm industry has an important role, since the quality of seedling will determine the productivity in the field. The area for the development of oil palm at present is not only at a conventional plantation, but also at the area, which was not as center of oil palm plantation. Due to the suitable area for oil palm cultivation becomes narrow, the development was directed to marginal regions including the area with less rainfall than optimal requirement. To overcome the availability of water for nursery, especially for clone planting material derived from tissue culture, a polymer (polyacrylamide) mixed with soil media in polybag was tested. Polyacrylamide will absorb water and can promote the growth by increasing soil water content at field capacity and maintain the moisture. Polyacrylamide could

hold water up to 400 fold of its original weight (1).

The objectives of the work presented here to : (i) test the effect of the addition of polyacrylamide and watering frequency on physiological aspects of plantlet, (ii) calculate the water requirement at pre-nursery stage and, (iii) study the tolerance of plantlet on water deficit when nursery conducted at the area which water limitation.

Materials and Methods

The experiment was conducted at Marihat Research Station, Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI). The material used was plantlet derived from tissue culture propagation and polyacrylamide. Plantlets were removed from test tube and dipped in warm water (40 °C) for 10 min. Plantlets were washed with running tap water to remove the rest of media etc.

¹Alumni of Faculty of Agriculture, UGM Yogyakarta

Plantlets were then dipped in a fungicide solution (2 g/L Benlate or Dithane M-45) for five minutes and rinsed with sterile distilled water and dried at open air. Plantlets were then acclimatized in a sterile sand media for three weeks. The survived plantlets were transferred to media consist of mixture of topsoil and sand (1:1) and polyacrylamide based on the treatment tested.

Polybags were laid on concrete rack in the screen house with 50 % light intensity using paronet. The experimental design applied in this experiment was randomized completely block design with two factors : (a) concentration of polyacrylamide and (b) watering frequency. The amount of water used each time was 100 ml per polybag. For control, plantlets were watered two times every day without polyacrylamide. Each experimental unit consists of six plantlets and was repeated three times. More specially, control, was not combined with any other treatments. The sequence of treatment and the two factors were shown in Table 1..

Table 1.The concentration of polyacrylamide and watering frequency

Watering	Polyacrylamide concentration
Every day	0.05 %
Every two days	0.10 %
Every four days	0.15 %
Every week	0.20 %

The parameters were observed as follow:

- (1) vegetative performances including plant height, leaf number, stem diameter, leaf area, length of the longest root.

(2) physiological aspects such as Net Assimilation Rate = $(W_2-W_1) / (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2-t_1)$ (A_2-A_1) and The Relative Growth Rate = $\ln W_2 - \ln W_1 / t_2-t_1$, with notice that the relation between A and W was linear within t_2-t_1 interval where W_1 and W_2 were plantlet dry weight at observation first and second, respectively with notice that A_1 and A_2 were leaf area at the observation 1st and 2nd. t_1 and t_2 were time of observation.

(3) soil water content

(4) relative water content

$$= \frac{\text{fresh weight} - \text{dry weight}}{\text{turgid weight} - \text{dry weight}} \times 100\%$$

In order to have a turgid, leaf disc were dipped in aquadest for 24 h under normal light. Disc dry weight was obtained after disc were dried at 60 °C for 24 h.

(5) leaf area ratio

$$= \frac{\text{leaf area}}{\text{leaf dry weight}} \quad (\text{cm}^2/\text{g})$$

(6) specific leaf weight

$$= \frac{\text{leaf disc dry weight}}{\text{leaf disc area}} \quad (\text{g/cm}^2)$$

Results and Discussion

The increasing of watering frequency (WF) will increase the level of water available. The present of polyacrylamide granular, water added to media will less evaporated. Polyacrylamide in combination with WF up to every two days will be able to provide more water than control (Table 2). The average of polyacrylamide addition of 0.15 % can provide soil water content

equal to control. It means that water lost caused by evaporation equal to water hold by 0.15 % of polyacrylamide added to soil in pre nursery.

Table 2. Effect of polyacrylamide and watering frequency on soil water content (% dry weight) at 12 weeks plantlet

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	9.8	-	-	-	-	9.8
Every day	-	34.6	20.4	18.7	17.9	22.9 a
Every 2 days	-	10.6	9.6	10.4	9.9	10.1 b
Every 4 days	-	4.4	23.2	5.5	4.8	9.5 b
Every 7 days	-	6.6	3.6	4.2	4.2	4.7 b
Average	9.8	14.0	14.2	9.7	9.2	11.8

Number with same letter in the same column has no significant different at $P<0.05$ by DMRT. Control and treatment has no significant different at orthogonal contras test

The water content of soil with 0.1 % polyacrylamide was higher than the soil without polyacrylamide (Table 2). This increase was caused by the increasing of soil aggregate volume where water hold by soil and make soil more porous. This change gives more space for water and therefore water will be available for plant. According to Wallace and Nelson (9) polyacrylamide could enlarge the porous of loam soil, increase soil infiltration, prevent soil aggregate lost and stop soil erosion and leaching. Wallace *et al.* (8) stated that the function of polyacrylamide as soil conditioner can also increase the number of soil porous, accelerate the rate of infiltration to the soil, and prevent soil hardness.

Water status on the plant is stated as water content that usually calculated on fresh weight basis. The water content based on fresh weight is less accurate since the fluctuation happened and not sensitive for a small change and therefore is difficult to applied (6). To measure the water status,

which is stated as a turgid level, by calculating relative water content or the amount of water required by a tissue to reach a turgor stage. The watering frequency and polyacrylamide have no effect on relative water content of oil palm plantlet at 12 weeks in the nursery (Table 3).

Table 3. Effect of watering frequency and polyacrylamide on relative water content of plantlet at 12 weeks.

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	0.77	-	-	-	-	0.77
Every day	-	0.84	0.77	0.80	0.65	0.77
Every 2 days	-	0.68	0.81	0.70	0.80	0.75 ns
Every 4 days	-	0.87	0.70	0.91	0.72	0.80
Every 7 days	-	0.82	0.91	0.77	0.73	0.74
Average	0.77	0.80	0.80	0.73	0.78	

ns= not significant, control and treatment have no significant different for orthogonal contrast test

Specific leaf weight (SLW) showed the ratio of leaf disc dry weight and leaf disc area. This ratio is determined as leaf thickness. SLW is the leaf capacity in term of photosynthesis activity. The ratio reflects of the source strength, i.e. the amount of bio-mass allocation in the leaf. SLW also shows the degree of mesophyll development in the leaf. SLW of plantlet at 12 weeks tended to give more value for all treatments either by watering frequency or by polyacrylamide compared to control (Table 4). This is showed that polyacrylamide able to make photosynthesis become more efficient as the result of more bio-mass stored. In other word, control produced wider leaf area but thinner while other treatments produced narrow leaf area but thicker. Watering frequency treatment gave a significant different for SLW at 12 week between once every day and once every 2 days WF.

Table 4. Effect of polyacrylamide and watering frequency on leaf weight specific (g/cm^2) on 12 weeks plantlets

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	4.61	-	-	-	-	4.61
Every day	-	5.44	4.88	5.08	5.27	5.17 a
Every 2 days	-	5.09	3.82	4.30	4.73	4.49 b
Every 4 days	-	4.84	4.90	4.64	5.01	4.84 ab
Every 7 days	-	5.27	4.66	4.06	4.95	4.72 ab
Average	4.61	5.15	4.57	4.52	4.99	4.81

The number followed by same letter in each column has no significant different at $p_{0.05}$ using DMRT. Control and other treatments have no significant different at orthogonal contrast test.

There was no significant different for leaf area ratio (LAR) between control and treatments. The average level of polyacrylamide added to soil media tended to decrease LAR, while WF treatments gave significant effect especially between once every four days WF and other WFs (Table 5).

Table 5. Effect of polyacrylamide and watering frequency on leaf area ratio (cm^2/g) of 12 weeks plantlets.

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	0.40	-	-	-	-	0.40
Every day	-	0.34	0.29	0.39	0.34	0.34 a
Every 2 days	-	0.46	0.27	0.30	0.29	0.33 a
Every 4 days	-	0.33	0.29	0.29	0.27	0.30 b
Every 7 days	-	0.41	0.31	0.30	0.30	0.33 a
Average	0.40	0.40	0.29	0.32	0.30	0.32

The number with same letter in same column has no significant different at $p_{0.05}$ with DMRT. Control and treatment have not significant different for orthogonal contrast test.

LAR is a morphological plant index that shows total photosynthate which is produced per plant dry weight. Beside that, LAR can also show the proportion between photosynthetic tissue and non-photosynthetic tissue. The increasing of polyacrylamide reduced LAR value. This result showed that polyacrylamide can

cause photosynthetic tissue (leaf) became small in number compared to non-photosynthetic tissue. It means more bio-mass produced was stored or accumulated on non leaf tissue.

The ability of plant to do photosynthesis efficiently could be measured through net assimilation rate (NAR), that is the rate of dry weight stored per leaf area unit and time unit. There was no significant NAR different between control and treatments. Although no different NAR, WF or the addition of polyacrylamide tended to produce higher NAR compared with control. NAR control was smaller than other treatments (Table 6). This is caused by the different water status where leaf could not use sunlight efficiently. The lack of water in the plant will effect water content in leaf mesophyll cell particularly on stomata guard cell. It will close stomata and inhibit CO_2 diffusion as a main component of photosynthesis. Lack of both water and CO_2 can effect the photosynthesis and therefore, NAR and assimilate produced will also small (6).

Table 6. Effect of polyacrylamide and watering frequency on net assimilation rate ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{week}$) of 12 weeks plantlet

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	0.34	-	-	-	-	0.34
Every day	-	0.46	0.38	0.42	0.40	0.42
Every 2 days	-	0.07	0.56	0.48	0.46	0.39 ns
Every 4 days	-	0.13	0.46	0.52	0.52	0.40
Every 7 days	-	0.08	0.57	0.49	0.37	0.38
Average	0.34	0.18	0.49	0.48	0.44	0.40

Control and treatment have no significant different at orthogonal contrast test ; ns = not significant

Relative growth rate (RGR) indicates the increasing of dry weight within a certain time interval in relation to the previous

growth. Oil palm plantlet RGR of 12 weeks was not significantly different between control and other treatments tested.

Watering frequency treatment and polyacrylamide, either the increasing of polyacrylamide concentration or the decreasing of WF, tended to produce less RGR value (Table 7). RGR value relates to sunlight trapping efficiency by leaf since it reflected the interaction between NAR and leaf area. High leaf area but not in-balance with high NAR will produce low RGR.

Table 7. Effect of polyacrylamide and watering frequency on relative growth rate (g/g/w) at 12 weeks

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	0.17	-	-	-	-	0.17
Every day	-	0.25	0.19	0.16	0.17	0.19
Every 2 days	-	0.19	0.17	0.18	0.14	0.17 ns
Every 4 days	-	0.17	0.20	0.19	0.17	0.18
Every 7 days	-	0.18	0.13	0.17	0.12	0.15
Average	0.17	0.20	0.17	0.17	0.15	0.17

Control and treatments has no significant different for orthogonal contrast test; ns = not significant

The vegetative growth of plantlet at 12 weeks which drawn in the unit of leaf area, leaf number, stem diameter and plant height are presented in Table 8-12. There is a significant different between control and other treatments tested on leaf area of oil palm plantlet at 12 weeks. On WF treatment also found the different between once every four days and once every seven days, but there is no significant caused by polyacrylamide treatment. WF relatively take time to cause the availability of water in soil decreased (Table 8). Less absorption ability will make the leaf size become smaller. Leaf area is influenced by soil water content and the water absorbed by plant which was used for cell growth and development and also for increasing turgor

pressure which increase leaf vigor. In other word, lack of water at vegetative phase can decrease the turgor of stomata guard cell. Stomata will close and CO₂ diffusion will be inhibited, and therefore, the assimilate will be reduced. In addition to this, cell elongation and division will be inhibited. The effect of this, leaf area will not increase. In order to maintain the water balance, transpiration has to reduced and narrow leaf area can maintain water content.

Table 8. Effect of polyacrylamide and watering frequency on leaf area (cm²) of plantlet at 12 weeks.

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	44.0	-	-	-	-	44.0
Every day	-	27.0	28.6	26.1	30.0	27.9 ab
Every 2 days	-	38.3	24.7	28.7	20.6	28.1 ab
Every 4 days	-	25.5	29.7	39.0	29.7	31.0 a
Every 7 days	-	26.0	19.6	25.6	18.9	22.5 b
Average	44.0 x	29.2	25.7	29.8	24.8	27.4 y

The number with same letter in each column has no significant different at $P_{0.05}$ for DMRT. Control and treatment have a significant different for orthogonal contrast test.

Data on Table 9 showed that plantlet height at 12 weeks which was measured from soil surface up to the tip of the longest leaf. The results showed that there is no significant different between control and any treatment tested. The increasing of polyacrylamide concentration or the decreasing of WF tended to reduce the plantlet height, except at four days WF (Table 9). According to Gardner *et al* (4), photosynthesis is affected by the availability of water and the area of leaf which can absorb sunlight. When assimilate produced is less, the growth of leaf lamina is also inhibited. Since the leaf area is the result of leaf length multiply by leaf wide, therefore one or both components will be reduced.

while plant diameter has a close relation with total dry weight (3). Chin and Nair (2) showed that the decreasing of WF up to 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days in glass house will inhibit the plant growth compared to daily WF.

Table 12. Effect of polyacrylamide and watering frequency on root length (cm) of plantlet at 12 weeks

Watering Frequency	Polyacrylamide concentration (%)					
	0	0.05	0.10	0.15	0.20	Average
2 x a day	12.7	-	-	-	-	12.7
Every day	-	15.5	16.9	14.0	17.5	16.0 ab
Every 2 days	-	11.6	14.1	14.4	9.7	12.5 b
Every 4 days	-	19.0	16.8	20.2	17.1	18.3 a
Every 7 days	-	11.1	16.0	15.3	14.8	14.3 b
Average	12.7	14.3	16.0	16.0	14.8	15.3

The number with same letter in each column has no significant different at $p_{0.05}$ with DMRT. Control and treatment has no significant different under orthogonal contrast test

Conclusion

The results of this experiment showed that 0.15 % polyacrylamide will provide soil water content equal to control. It means that water loss due to evaporation was equal to the water hold by 0.15 % polyacrylamide added to the growth media.

The increasing of polyacrylamide tended to decrease LAR indicated by the number of photosynthetic leaf tissue is much less than non-photosynthetic leaf tissue.

There is no significantly different of leaf number up to four days WF with the addition of 0.1 % polyacrylamide. It means that the requirement of water for oil palm clone seedling could be fulfilled by the addition of 0.1 % polyacrylamide to the

growth media in combination with four days WF.

Photosynthesis could be more efficient as the effect of the addition polyacrylamide to growth media. It can be seen from more bio-mass stored such as more and longer root growth and bigger stem diameter.

Oil palm clones were seen to be able for adaptation to water stress environment when polyacrylamide was added to the growth media.

References

- ANONIMOUS 1988. Alcosorb. Allied Colloids Agricultural Division. 45 pp.
- CHIN, H.F. and K.C.S. NAIR. 1980. Effect of moisture stress on growth of oil palm *Elaeis guineensis* seedlings. The Planter, 56:3-10.
- CORLEY, R.H.V. J.J. HARDON and G.Y. TAN. 1971. Analysis of growth of the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica, 20 : 304-315
- GARDNER, F.P., R.B. PEARCE and R.L. MITHCELL. 1991. Physiology of Crop Plant. (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa HERAWATI, S. dan SUBIYANTO). Univ. Indonesia Press, Jakarta, 418 hal.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 519-570.
- KRAMER, P.J. 1980. Plant and Soil Water Relationship. A Modern Synthesis. Tata Mc Graw Hill Publ. Coy. New Delhi. 482 pp.
- TAYLOR, H.M. and B. KLEPPER. 1978. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. Adv. In Agronomy 30:99-127.
- WALLACE, A., G.A. WALLACE and A.M. ABOUZAMZAM. 1986. Effects of soil conditioner on water relationships in soil. Soil Science 141 : 346-352.
- WALLACE, A. and S.D.NELSON. 1986. Foreword. Soil Science 141:311- 312

ooOoo