

PENGARUH CEKAMAN AIR TERHADAP KARAKTER MORFOLOGI BEBERAPA VARIETAS TANAMAN KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUINEENSES* JACQ.)

Yusran Pangaribuan, Dwi Asmono dan Sjafrul Latif

ABSTRAK

Pada pertanaman kelapa sawit ketersediaan air merupakan faktor utama yang membatasi tingkat produksi tanaman. Pengembangan perkebunan kelapa sawit sering kali berhadapan dengan lahan yang memiliki keterbatasan pedoagroklimat khususnya ketersediaan air. Curah hujan yang rendah dan tidak merata sering menyebabkan terjadinya kondisi defisit air yang berdampak negatif terhadap tanaman. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi respon morfologi yang berkaitan dengan daya adaptasi tanaman kelapa sawit terhadap cekaman air dan sebagai alternatif pemecahan masalah cekaman air melalui seleksi awal bahan tanaman kelapa sawit yang toleran terhadap cekaman air. Percobaan ini menggunakan Rancangan Faktorial dalam lingkungan Acok Lengkap (RAL). Faktor pertama adalah cekaman air yang terdiri atas empat taraf yaitu (A): 100% kapasitas lapang (A1), 75% kapasitas lapangan (A2), 50% kapasitas lapangan (A3), dan 25% kapasitas lapangan (A4). Sedangkan faktor kedua adalah varietas yang terdiri atas 5 taraf yaitu (V): DP Marihat (V1), DP Nifor (V2), DP yangambi (V3), DP Sungai Pancur 2 (V4), DP Sungai Pancur 1 (V5).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas DP Sungai Pancur 2 (V4) relatif lebih dapat beradaptasi dan memberikan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan varietas lainnya pada kondisi cekaman air, dicirikan dengan lebih tingginya nilai pengamatan hampir pada semua peubah pertumbuhan. Suplai air yang kurang dalam jangka waktu lama, secara morfologi menyebabkan meningkatnya kerusakan vegetatif tanaman, yaitu terhambatnya daun-daun membuka, terjadinya pengeringan daun muda, rusaknya hijau daun, dan juga dapat berakibat seluruh kanopi mengalami kerusakan. Bahkan bila kondisi sangat ekstrim dapat menyebabkan kematian tanaman.

Kata kunci : *Elaeis guineensis*, kanopi, pedoagroklimat, morfologi, vegetatif.

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit sebagai sumber minyak nabati utama mampu memproduksi minyak lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak lainnya (4) yaitu sepuluh kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kedelai (11). Kebutuhan minyak sawit terus

meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dunia. Permintaan kelapa sawit yang terus meningkat juga dipacu oleh ditemukannya teknologi pengolahan atau diversifikasi seperti berkembangnya industri oleokimia (5). Produsen minyak kelapa sawit terbesar dunia saat ini adalah Malaysia diikuti oleh Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa peluang pasar kelapa sawit sangat prospektif bagi Indonesia. Untuk meningkatkan peranan

kelapa sawit tersebut, akhir-akhir ini perluasan areal diarahkan ke kawasan Indonesia timur yang umumnya memiliki tipe iklim C dan D (klasifikasi Schmidt dan Ferguson), yang umumnya memiliki kelembaban air tanah yang rendah.

Cekaman air pada tanaman dapat disebabkan kekurangan suplai air di daerah perakaran atau permintaan air yang berlebihan oleh daun akibat laju evapotranspirasi melebihi laju absorpsi air walaupun keadaan air tanah tersedia cukup. Pada lahan kering, cekaman air terjadi karena suplai air yang tidak mencukupi. Kekeringan merupakan salah satu faktor lingkungan terpenting yang dapat menyebabkan cekaman osmotik dan menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman yaitu terhambatnya aktifitas fotosintesis dan translokasi fotosintat ke buah (10), selanjutnya mempengaruhi produktivitas tanaman (2) yang tergantung pada fase-fase pertumbuhan tanaman (9). Defisit air juga berakibat pada perubahan diferensiasi seks kelapa sawit, menurutnya kandungan minyak pada buah. Dari hasil simulasi (8) menunjukkan bahwa selama atau setelah kekeringan, dapat menurunkan produksi tandan segar. Dilaporkan pula bahwa akibat kekeringan yang terjadi di Sumatera Selatan, produksi minyak menurun 8-10 % setiap defisit air 100 mm pada tahun berikutnya, dan 3-4 % pada tahun kedua. Walaupun demikian, tingkat kerusakan atau kerugian tergantung pada tingkat defisit air, umur, tanaman, dan tipe kelapa sawit.

Pengaruh cekaman air pada tanaman adalah terjadinya perubahan

potensial air, potensial osmotik, dan potensial turgor sel, yang dapat mempengaruhi perilaku stomata (3). Semua itu berpengaruh terhambatnya translokasi (hara mineral dan asimilat), transpirasi dan fotosintesis. Selanjutnya akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organ *source* dan *sink*, seperti berkurangnya luas daun, mempengaruhi kandungan dan organisasi klorofil, dan mempengaruhi sistem reproduktif tanaman. Secara visual tampak adanya kelayuan atau menggulungnya daun sehingga menghambat fotosintesis. Agar tetap bisa bertahan hidup dalam keadaan kekeringan tanaman harus mengatur status air dalam tubuhnya. Tanaman toleran terhadap kekeringan adalah tanaman yang relatif kurang terhambat pertumbuhannya dalam kondisi kekeringan dibandingkan dengan genotipe lainnya yang sama-sama diberi perlakuan cekaman air.

Salah satu strategi mengatasi kerugian sebagai dampak negatif dari cekaman air yang dialami tanaman pada lahan-lahan marginal adalah dengan menciptakan bahan tanaman yang toleran dan mampu beradaptasi terhadap keadaan marginal tersebut (11). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakter morfologi pada fase pembibitan yang berkaitan dengan daya adaptasi tanaman kelapa sawit terhadap cekaman air dan mendapatkan bahan tanaman kelapa sawit yang toleransi terhadap cekaman air.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berlangsung selama 10 (sepuluh) bulan di rumah kaca Bibitan Pusat Penelitian Kelapa Sawit Balai Penelitian Marihat, Pematang Siantar-Sumatera Utara, yang terletak pada ketinggian 369 m dpl. Mulai bulan Maret 2000 sampai dengan

November 2000. Tanaman yang digunakan adalah bibit kelapa sawit varietas DP Marihat, DP Nifor, DP Yangambi, DP SP 2 dan DyP SP 1. Bahan-bahan lain berupa campuran top soil dengan pasir perbandingan 3 : 1 sebagai media tumbuh, pupuk majemuk Rustica, Urea, dan Servin. Alat yang digunakan adalah timbangan termometer, meteran, gelas ukur, oven, jangka sorong, *polybag*, *hand sprayer*, dan pisau.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Faktorial dalam lingkungan Acak Lengkap. Faktor pertama adalah cekaman air yang terdiri atas empat taraf yaitu: 100% kapasitas lapang (A1), 75% kapasitas lapang (A2), 50 % kapasitas lapang (A3), dan 25 % kapasitas lapang (A4), dan 25 % kapasitas lapangan (A4). Sedangkan faktor kedua adalah varietas yang terdiri atas 5 jenis yaitu : DP Marihat (V1), DP Nifor (V2), DP Yangambi (V3), Dp Sp 2(V4), DyP SP 1 (V5). Diperoleh 20 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga terdapat 60 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas 60 *polybag* yang masing-masing berisi satu tanaman.

Perlakuan cekaman air mulai dilakukan pada saat bibit berumur 2.5 bulan. Penentuan pemberian air untuk

mencapai kapasitas lapang dilakukan dengan mengukur penurunan bobot tanah (metode gravimetri). Dari hasil analisis laboratorium diperoleh rata-rata kadar air tanah pada kapasitas lapangan sebesar 27.01%, dan kadar air titik layu permanen sebesar 4.70%.

Berdasarkan kadar air kapasitas lapang tersebut dapat ditentukan tingkat kadar air dari masing-masing perlakuan. Pemberian air pada awal percobaan untuk setiap perlakuan adalah dengan mencari selisih antara bobot tanah kering udara (BKU) dan bobot basah tanah dari masing-masing perlakuan (BB). Penyesuaian kadar air tanah untuk masing-masing perlakuan dilakukan setiap hari, dengan menimbang bobot basah tanah dan tanaman yang ada dalam *polybag*.

Jumlah air yang diberikan saat awal perlakuan cekaman air (Tabel 1).

Pengamatan dilakukan terhadap peubah pertumbuhan :

- (1) tinggi tanaman; tinggi tanaman diukur dari batas leher akar sampai keujung daun tertinggi.
- (2) luas daun; pengukuran dilakukan dengan mengukur panjang daun dari pangkal sampai ujung daun dan lebar daun yakni bagian yang terlebar.

$$\text{Luas daun} = p \times l \times k$$

dengan konstanta sebagai berikut :

k = 0,57 untuk daun yang berbentuk beforset.

k = 0,51 untuk daun yang berbentuk lanset.

Tabel 1. Jumlah air yang diberikan saat awal perlakuan cekaman air

Perlakuan kadar air kapasitas lapang (%)	Bobot tanah kering udara tiap <i>polybag</i> (kg)	Bobot basah tanah yang harus dicapai sesuai peralakuan (kg)	Pemberian air saat awal penelitian (L)
100	6.5	8.250	1.750
75	6.5	7.812	1.312
50	6.5	7.375	0.875
25	6.5	6.937	0.437

- (3) jumlah daun; menghitung semua daun yang telah membuka sempurna dan masih segar.
- (4) diameter batang; diukur dengan menggunakan *Caliper* pada ketinggian 2 cm dari pangkal batang.
- (5) bobot kering akar; ditimbang setelah dikeringkan dalam oven selama 72 jam pada suhu 80 °C.
- (6) bobot kering tajuk; tanaman dibersihkan dan dipotong hingga batas leher akar, kemudian bobot kering tajuk ditimbang setelah dikeringkan dalam oven selama 72 jam dengan suhu 80 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada indikasi bahwa trend toleransi varietas yang digunakan terhadap cekaman air adalah berturut-turut mulai dari V4, kemudian disusul oleh V3, V2, V1 dan yang terakhir adalah V5. Hal ini terjadi karena riwayat dan sumber asal bahan tanaman berbeda-beda kecuali V5, V4 dan V3 sama-sama berasal dari Zaire, sedangkan V2 berasal dari Nigeria, dan V1 berasal dari Camerun.

Pada bibit varietas V3, V2, V1 dan V5, cekaman kekeringan sangat nyata menurunkan pertumbuhan. Hal ini terlihat dari respon karakter morfologi bibit yang kurang berkembang dan memberikan nilai rata-rata yang lebih rendah pada hampir semua peubah pertumbuhan, yang berakibat pada rendahnya bobot kering tanaman. Sedangkan pada bibit varietas V4, rata-rata pertumbuhan relatif lebih tinggi hampir pada semua peubah pertumbuhan dan pada semua taraf cekaman air.

Adanya penyerapan dan ketersediaan air yang lebih baik pada bibit varietas V4 (D x P Sungai Pancur 2) tentunya lebih memacu pertumbuhan bibit melalui pembelahan sel, pembesaran sel, pemanjangan sel dan pengisian sel oleh hasil metabolisme. Pembesaran dan pengisian sel menyebabkan terjadinya pertambahan diameter batang dan luas daun, sedangkan pembelahan dan pemanjangan sel menyebabkan terjadinya pertambahan tinggi bibit kelapa sawit, dan hal ini tentu saja akan meningkatkan bobot kering akar dan tajuk tanaman. Pertumbuhan akar sangat dipengaruhi oleh transportasi karbohidrat ke akar.

Hasil uji korelasi antara pertumbuhan tajuk dan pertumbuhan akar menunjukkan koefisien korelasi yang cukup tinggi dengan nilai r sebesar 0.938. Keadan ini terjadi karena akar dan pucuk merupakan organ simbiotik. Kualitas akar yang dihasilkan (bobot kering akar) nyata berkorelasi dengan bobot kering tajuk, tinggi tanaman, luas daun dan diameter batang. Kualitas akar yang lebih baik meningkatkan kemampuan tanaman menyerap unsur hara. Unsur hara tersebut ditranslokasikan ke daun untuk proses fotosintesis. Semakin luas daun maka semakin banyak substrat yang dapat digunakan untuk proses fotosintesis karena kecepatan difusi CO_2 lebih tinggi, peningkatan intersepsi cahaya, sehingga aktivitas fotosintesis juga meningkat. Produksi fotosintat di pucuk dan pengangkutannya ke akar menentukan kemampuan akar untuk memperoleh hara, sebaliknya suplai hara ke pucuk mengontrol laju fotosintesis (1).

Tinggi bibit. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bibit tertinggi dari

Tabel 2. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Tinggi Bibit Kelapa Sawit Perlakuan Varietas

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(cm)			
V1 (D x P Marihat)	48.80 cd (100 %)	48.33 cd (99.0 %)	46.00 de (94.3 %)	33.43 g (68.5 %)
V2 (D x P Nifor)	51.60 bc (100 %)	48.80 cd (94.6 %)	43.53 e (84.4 %)	34.36 g (66.6 %)
V3 (D x P Yangambi)	49.43 cd (100 %)	46.30 de (97.7 %)	39.03 f (79.0 %)	37.23 fg (75.4 %)
V4 (D x P SP 2)	59.66 a (100 %)	55.40 b (92.9 %)	47.06 de (78.9 %)	39.40 f (66.2 %)
V5 (Dy x P SP 1)	48.76 cd (100 %)	45.50 de (93.5 %)	39.33 f (80.7 %)	38.56 f (79.1 %)

Keterangan :

- Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada P=5 %.
- Huruf kecil digunakan untuk membandingkan nilai tengah pengaruh interaksi perlakuan cekaman air dan perbedaan varietas.
- KL = Kapasitas Lapang; MSP = Minggu setelah cekaman air.
- Keterangan ini berlaku untuk tabel-tabel selanjutnya.

semua perlakuan adalah V4 (D x P Sungai Pancur 2) pada taraf cekaman air kapasitas lapang yaitu 59.66 cm (Tabel 2). Karena pada kondisi kapasitas lapang memungkinkan tanaman untuk meningkatkan kemampuan menyerap hara lebih banyak dari tanah, yang akan digunakan untuk proses fotosintesis dan selanjutnya fotosintat yang dihasilkan digunakan untuk pertumbuhan tajuk.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa perlakuan pemberian air pada taraf kapasitas lapang (KL) menunjukkan pertumbuhan tanaman tertinggi (51.65 cm). Tinggi bibit semakin menurun dengan meningkatnya cekaman air. Dapat dijelaskan bahwa V4 pada semua taraf cekaman air menghasilkan pertumbuhan tertinggi yang berbeda terhadap varietas lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa varietas D x P Sungai Pancur 2 lebih baik

(lebih responsif) dalam hal beradaptasi terhadap cekaman air.

Luas daun. Luas daun semakin menurun dengan meningkatnya cekaman air (Tabel 3), dapat dilihat bahwa luas daun yang tertinggi dari semua perlakuan adalah V4 (D x P Sungai Pancur 2) pada taraf cekaman air kapasitas lapang yaitu 1261.02 cm yang tidak berbeda nyata terhadap V4 pada taraf air 75% KL yaitu 1203.90 cm. Hal ini menggambarkan bahwa pada V4, pemberian air taraf 75 % KL telah memenuhi kebutuhan tanaman, sehingga pemberian air yang berlebihan (kapasitas lapang) tidak memberikan kontribusi yang nyata.

Dapat dijelaskan bahwa perlakuan pemberian air taraf kapasitas lapang menghasilkan rata-rata luas daun terbesar (1076.65 cm²) yang berbeda nyata terhadap taraf cekaman air lainnya.

Tabel 3. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Luas Daun Bibit Kelapa Sawit

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(cm ²)			
V1 (D x P Marihat)	1108.50 b (100 %)	1028.90 cde (92.9 %)	593.64 j (53.6 %)	453.80 k (41.0 %)
V2 (D x P Nifor)	1033.02 cd (100 %)	950.24 fgh (92.0 %)	866.13 gh (83.9 %)	423.10 k (41.0 %)
V3 (D x P Yangambi)	1058.12 bc (100 %)	980.86 def (92.7 %)	881.56 h (83.4 %)	464.67 k (44.0 %)
V4 (D x P SP 2)	1261.02 a (100 %)	1203.90 a (95.6 %)	958.00 efg (76.0 %)	561.78 j (44.5 %)
V5 (Dy x P SP 1)	922.59 fgh (100 %)	798.43 i (86.6 %)	601.77 j (65.2 %)	430.60 k (46.7 %)

Sedangkan untuk varietas, perlakuan V4 memberikan rata-rata luas daun terbesar (996.18 cm²) yang berbeda nyata terhadap perlakuan varietas lainnya.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa V4 pada semua taraf cekaman air menghasilkan luas daun yang tertinggi dari varietas lainnya. Hal ini terjadi karena V4 memiliki sifat genetik yang lebih cepat meninggi dan memiliki kemampuan untuk beradaptasi pada kondisi air tanah yang tersedia serta didukung oleh jumlah akar yang lebih banyak untuk memungkinkan bibit mempunyai kemampuan menyerap hara yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai koefisien korelasi yang positif antara berat kering akar dengan luas daun, yaitu $r = 0.866$.

Jumlah daun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa faktor cekaman air dan varietas sama sekali tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun. Hal ini boleh jadi karena jumlah daun

sudah merupakan sifat genetik dari tanaman kelapa sawit dan juga tergantung pada umur tanaman. Laju pembentukan daun (jumlah daun per satuan waktu) atau indeks plastokhron (selang waktu yang dibutuhkan perdaun tambahan yang terbentuk) relatif konstan jika tanaman ditumbuhkan pada kondisi suhu dan intensitas cahaya yang juga konstan (6).

Diameter batang. Diameter batang semakin menurun dengan semakin meningkatnya cekaman air. Diameter batang yang terbesar dari semua perlakuan adalah V4 pada taraf air kapasitas lapang yaitu 3.16 cm yang tidak berbeda nyata terhadap V2, V3, pada taraf air yang sama dan V3, V4, V5 pada taraf cekaman air 75% KL.

Diketahui bahwa perlakuan air pada taraf kapasitas lapang menghasilkan rata-rata diameter batang terbesar (3.00 cm) yang tidak berbeda nyata terhadap taraf 75% KL (2.92 cm). Sedangkan untuk varietas, perlakuan V4 memberikan rata-

Tabel 4. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Jumlah Daun Bibit Kelapa Sawit

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(helai)			
V1 (D x P Marihat)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)
V2 (D x P Nifor)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)
V3 (D x P Yangambi)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)
V4 (D x P SP 2)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)
V5 (Dy x P SP 1)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)

Tabel 5. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Diameter Batang

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(cm)			
V1 (D x P Marihat)	2.93 bcd (100 %)	2.56 f (87.3 %)	2.23 g (76.1 %)	1.73 i (59.0 %)
V2 (D x P Nifor)	2.96 abcd (100 %)	2.90 cd (97.9 %)	2.30 g (77.7 %)	1.91 hi (64.5 %)
V3 (D x P Yangambi)	3.10 abc (100 %)	3.06 abc (98.7 %)	2.68 ef (86.4 %)	1.83 hi (59.0 %)
V4 (D x P SP 2)	3.16 a (100 %)	3.13 ab (99.0 %)	2.93 bcd (92.7 %)	2.16 g (68.3 %)
V5 (Dy x P SP 1)	2.96 abcd (100 %)	2.83 de (95.6 %)	2.60 f (87.8 %)	1.98 h (66.9 %)

rata diameter batang terbesar (2.85 cm) yang berbeda nyata terhadap perlakuan varietas lainnya. Tabel 5 juga menunjukkan bahwa perlakuan air pada taraf 75 % KL memberikan pertumbuhan yang tidak berbeda nyata terhadap perlakuan air taraf kapasitas lapang. Hal ini terjadi karena pemberian air pada taraf 75 % KL telah memenuhi kebutuhan

tanaman sehingga pemberian air yang berlebihan (kapasitas lapang) tidak memberikan kontribusi yang nyata.

Bobot kering akar. Kelapa sawit termasuk tanaman yang mempunyai sistim perakaran yang dangkal (akar serabut), sehingga mudah mengalami cekaman air. Dampak kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit ditandai

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Bobot Kering Akar

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(g)			
V1 (D x P Marihat)	9.22 cd (100 %)	8.40 ef (91.1 %)	4.75 i (51.6 %)	4.57 i (49.6 %)
V2 (D x P Nifor)	9.51 c (100 %)	8.03 f (84.0 %)	5.81 h (61.1 %)	4.73 i (49.8 %)
V3 (D x P Yangambi)	10.65 b (100 %)	8.75 de (92.2 %)	6.11 h (57.4 %)	4.56 i (42.8 %)
V4 (D x P SP 2)	11.41 a (100 %)	8.96 cde (79.6 %)	7.99 f (70.1 %)	4.86 i (42.6 %)
V5 (Dy x P SP 1)	9.47 c (100 %)	8.37 ef (89.4 %)	7.16 g (75.6 %)	4.25 i (44.9 %)

dengan daun muda tidak membuka, pelelepah daun tua patah (sengkleh) sampai pupus patah. Penurunan produksi dapat mencapai 10-40 % di bawah potensi produksi normal, tandan buah mengering, bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman. Dampak ini dapat dilihat pada saat terjadinya kekeringan sampai dua tahun kemudian (7).

Peningkatan cekaman air menurunkan bobot kering akar. Perlakuan air pada taraf kapasitas lapang menghasilkan rata-rata bobot kering akar tertinggi yaitu sebesar 9.76 g. Karena dengan adanya pemberian air yang cukup (kondisi kapasitas lapang) perakaran bibit akan senantiasa leluasa untuk menyerap air yang ada didalam tanah, karena air tersebut dekat dengan permukaan tanah. Sebaliknya pada keadaan tanah yang stress air, penyebaran akar menjadi terhambat.

Bobot kering akar yang tertinggi dari semua perlakuan adalah V4 pada taraf perlakuan air kapasitas lapang yaitu 11.41 g dan hampir pada semua taraf cekaman

air. V4 menghasilkan bobot kering akar yang tertinggi. Keadaan ini terjadi karena varietas D x P Sungai Pancur 2 memiliki kemampuan untuk beradaptasi pada berbagai kondisi air tanah dan memiliki sistem perakaran yang lebih baik dibandingkan dengan varietas lainnya yang dipergunakan dalam penelitian ini, sehingga dengan adanya pemberian air yang bervariasi perakaran bibit V4 senantiasa lebih leluasa untuk menyerap air yang ada didalam tanah.

Bobot kering tajuk. Perlakuan air pada taraf kapasitas lapang menghasilkan rata-rata bobot kering tajuk tertinggi yaitu sebesar 24.33 g, dan antar taraf cekaman air menunjukkan perbedaan yang nyata. Sedangkan untuk varietas, perlakuan V4 menghasilkan rata-rata bobot kering tajuk tertinggi yaitu 19.96 g, yang berbeda nyata terhadap perlakuan varietas lainnya.

Bobot kering tajuk semakin menurun dengan meningkatnya cekaman air. Diketahui bahwa bobot kering tajuk yang tertinggi dari semua perlakuan adalah V4

Tabel 7. Pengaruh Interaksi Cekaman air dan Varietas terhadap Bobot Kering Tajuk

Perlakuan Varietas	Perlakuan Cekaman Air			
	KL	75 % KL	50 % KL	25 % KL
	(g)			
V1 (D x P Marihat)	20.97 bc (100 %)	19.30 de (92.0 %)	12.34 f (58.9 %)	9.56 gh (45.6 %)
V2 (D x P Nifor)	22.51 b (100 %)	21.74 b (96.5 %)	12.04 f (53.5 %)	8.46 gh (37.6 %)
V3 (D x P Yangambi)	28.58 a (100 %)	18.82 de (65.9 %)	18.80 de (65.8 %)	8.85 gh (30.9 %)
V4 (D x P SP 2)	29.06 a (100 %)	21.33 bc (73.4 %)	19.66 cd (67.7 %)	9.79 g (33.7 %)
V5 (Dy x P SP 1)	22.23 b (100 %)	21.05 bc (94.7 %)	17.66 e (79.5 %)	7.90 h (35.6 %)

pada taraf air kapasitas lapang yaitu 29.06 g, dan tidak berbeda nyata terhadap V3 pada taraf air yang sama yaitu sebesar 28.58 g.

Mutu akar yang lebih baik ternyata menghasilkan bobot tajuk yang lebih tinggi. Karena kondisi ini meningkatkan kemampuan tanaman untuk dapat menyerap hara yang lebih banyak dari tanah. Hara yang diserap tersebut digunakan untuk proses fotosintesis dan selanjutnya fotosintat yang dihasilkan digunakan untuk pertumbuhan tajuk sehingga berat kering tajuk lebih tinggi.

KESIMPULAN

Cekaman air yang berbeda mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit. Secara morfologi terjadi penurunan nilai yang lebih ekstrim terhadap beberapa peubah pertumbuhan seperti tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, bobot kering akar dan tajuk pada bibit yang tidak mampu beradaptasi terhadap cekaman air.

Varietas D x P Sungai Pancur 2 (V4) relatif lebih dapat beradaptasi dan memberikan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan varietas lainnya pada kondisi cekaman air, dicirikan dengan lebih tingginya nilai pengamatan hampir pada semua peubah pertumbuhan. Trend toleransi varietas yang digunakan terhadap cekaman air adalah berturut-turut mulai dari V4, kemudian disusul oleh V3, V2, V1 dan yang terakhir V5. Keadaan ini boleh jadi karena riwayat dan sumber asal bahan tanaman yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fitter, A. H, and R. K. M. Hay. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman (terjemahan Andini, S. dan E. D. Purbayanti dari Environmental Physiology of Plant). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 321 hal.
2. Jin Su, Q. Shen, T-HD. Ho, and R. Wu. 1998. Dehydration-stress-regulated transgene expression in stably transformed rice plants. *Plant Physiol.* 117: 913-922.
3. Kirkham, M.B. 1990. Plant Responses to water Deficits. In B.A. Stewart (ed.) Irrigation of

- Agricultural Corps. Madison, Wisconsin USA. 323-342
4. Mayes, S., C. James, Z. Prize, L.M. Groves, P.L. Jack and R.H.V. Corley. 1996. Integration of programmes. *In* Producing on the 1996 PORIM International Palm Oil Congress, Malaysia. 49-54.
 5. Miyawaki, Y. 1998. Major contribution of crude oil and palm kernel oil in the oleochemical industry. International Oil Palm Conference. Bali, Indonesia.
 6. Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. Plant Physiology. Fourth Edition. Wodsworth Publishing Company. California. pp: 116-355.
 7. Siregar, H.H., A. Purba, E. Syamsuddin dan Z. Poeloengan. 1995. Penanggulangan kekeringan pada tanaman kelapa sawit. *Warta PPKS* 3 (1) : 9 - 14.
 8. _____, W. Darmosarkoro and Z. Poeloengan. 1998. Oil palm yield simulation using drought characteristics. International Oil Palm Conference, Bali, Indonesia.
 9. Wang, Z., B. Quebedeaux, and G.W. Stutte. 1995. Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 747-754.
 10. Yakushiji, H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma mandarin tree tissue and fruit in response to drought stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4): 719-726
 11. Yuan, Y.Y. and C.K. Weng. 1996. Breeding oil palm for competitiveness and sustainability in the 21st century. *In* Proceedings on the 1996 PORIM International Palm Oil Congress. Malaysia. 19-31
-

THE EFFECT OF WATER STRESS ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTER OF SEVERAL OIL PALM (*ELAEIS GUINEENSIS* JACQ.) VARIETIES

Yusran Pangaribuan, Dwi Asmono and Sjafrul Latif

ABSTRACT

The main factor in oil palm cultivation is the availability of water that could limit the productivity. The development of oil palm plantation often limited by the limited pedoagrocclimate, the availability of water in particular. Low rainfall and unequal distribution causes water deficit that have a negative impact to the plant. This study was carried out to identify the morphological response that relate with the adaptation ability of oil palm to water stress. It also as the alternative of water stress problem solving through early selection of oil palm planting material that tolerance to water stress.

The Completely Randomized Factorial Design was used in the experiment. The first factor was four levels of water stress (A) consist of (A1) 100 % of field capacity, (A2) 75% of field capacity, (A3) 50% of field capacity and (A4) 25% of field capacity. The second factor was 5 varieties of oil palm (V) consist of DP Marihat (V1), DP Nifor (V2), DP Yangambi (V3), DP Sungai Pancur 2 (V4), DyP Sungai Pancur 1 (V5).

The result showed that DP Sungai Pancur 2 (V4) was relatively more adaptable variety and gave the best performance growth compared with other varieties on water stress that could be characterized by the highest growth in all parameters. Less water supply in long term application caused the increasing of plant vegetative damage such the delaying of leaf opening, the dryness of young leaf, the damage of chlorophyll, and all canopy damage. In extreme condition, it could kill the plant.

Kata kunci: *Elaeis guineensis*, canopy, morphological, vegetative.

Introduction

The oil palm as a main source of vegetable oil produced higher oil compared to other oil producing crops (4) 10 fold higher than that soybean (11). The need of palm oil is continuously increase in line with the increasing of world population. The continuous increase demand of palm oil is also stimulated by the invention of new processing technology or by the diversification of oleo chemical industry development (5). Currently, Malaysia is the biggest palm

oil producing country followed by Indonesia. It indicated that the market opportunity of Indonesian palm oil is very prospective. To increase the role of oil palm in Indonesia, the development of this crop is toward the eastern part of Indonesia in the last few years that has C and D climate types (according to Smith and Ferguson classification) and has low soil moisture.

Water stress to the plant could be caused by less water supply to root area or the excessive leaf water demand due to the rate of evapo-transpiration exceeded over

water absorption even though the availability of soil water is enough. In dry land, water stress occurred because of insufficient water supply. Drought is one of environment important factors that cause the osmotic stress and become a limiting factor of plant growth, namely the inhibition of photosynthetic and the translocation of photosynthetic to the fruit (10) and then affect the plant productivity (2) which depend on plant growth stages (9). Water deficit is also affect the sex differentiation change in oil palm and decrease the oil content of fruit. Simulation model (8) showed that during and after drought, could decrease FFB production. It is also reported that drought occur in South Sumatra, the oil production decrease by 8-10% for every 100 mm water deficit on the next following year, and 3-4% on the next second year. The level of injury or losses of plant is depend on water deficit level, plant age and planting material. The effect of water stress on the plant is the change of water potential, osmotic potential, cell turgid potential which could influence the stomata behavior (3). All of these will limit the translocation of mineral nutrition and assimilate, transpiration and photosynthetic. More over they will influence the growth and the development of *source* and *sink* organs like minimized the life wide, influence the content and organization of chlorophyll and also influence the reproductive system of plant. It is clear that wilting and scrolling of life that could inhibit the photosynthetic. In order to be survive in dry condition, the plant should maintain their own water status. The plant that tolerance to water stress is the plant that their growth is

relatively less inhibit by the drought when compared with other genotypes treated with water stress.

One of the strategies to prevent the loss as the negative effect of water stress on marginal soil is to create the tolerance planting material and able to adapt to the marginal environment (11). The objective of this study is to identify the morphological characters that relate with the adaptation ability of oil palm to water stress and to obtain the planting material which tolerance to water stress at nursery stage.

Material and Methode

This study was carried out for 10 months at Nursery glass house in Marihat Research Station , IOPRI in Pematang Siantar, North Sumatra, from March 2000 until November 2000. The altitude of the station is 369 m above sea level. The planting material used in this study were the varieties of DP Marihat, DP Nifor, DP Yangambi, DP SP2 and DyP SP1. The growth media used in this experiment consist of mixture of top soil and sand (3:1), Rustica compound fertilizer, Urea and Sevin. The other tool used were balance, thermometer, beaker glass, measuring cylinder, polybag, hand sprayer and many others.

The completely factorial randomized design was applied in this study. The first factor was four levels of water stress (A) including 100 % of field capacity (A1), 75 % of field capacity (A2), 50 % of field capacity (A3), and 25 % of field capacity (A4). While the second factor was five varieties (V) of oil palm hybrids including DP Marihat (V1), DP Nifor (V2), DP

Yangambi (V3), DP SP 2 (V4), DyP SP 1 (V5). There are 20 treatments combination in 3 replicates and each replication consist of 6 plants.

The water stress treatment was applied and started at 2.5 months of seedling old. The watering to reach field capacity was assessed by decreasing the weight of soil weight according to gravimetric method. Based on laboratory analysis, the soil water content at field capacity was 27.01% and at permanent wilting point was 4.70%.

The water content level of each treatment could be calculated based on the soil water content at field capacity. The water supply at the beginning of experiment of each treatment is the different between air dry weight of soil and the weight of soil wet of each treatment. The arrangement of soil water content of each experiment is conducted every day by weighting of wet soil and plant in the polybag.

The amount of water given to the beginning of experiment of water stress (Table 1).

The observation was carried out on the growth parameters:

- (1) plant height; The height of plant was measured from root neck to the tip of the highest leaf. Leaf width; the leaf width was the
- (2) length of leaf multiplied by the most widest leaf according to the formula as

follows leaf width = $l \times w \times k$,
where the constant

$k = 0.57$ for forcet leaf form

$k = 0.51$ for lancet leaf form

- (3) leaf number; is the number of all fully open and fresh leaf
- (4) trunk diameter; was measured by using *caliper* at 2 cm above the basal stem.
- (5) Root dry weight; was weighted after drying in oven for 72 h at 80 °C
- (6) Crown dry weight; the plant from root neck was cleaned, chopped and dried in oven for 72 h at 80 °C. All are weighted until constant.

Result and Discussion

The results indicated the trend of tolerance of plant variety to water stress starting from V4 followed by V3, V2, V1 and V5, respectively. It happened since the plant origin are different. V3, V4 and V5 are originated from Zaire while V2 is Nigeria origin, V1 is Cameroon origin.

The water stress is sharply decrease the growth of V3, V2, V1 and V5 varieties. It can be seen from the morphological character of seedling that less develop and gave lower response of nearly all of growth parameters that caused lower plant dry weight. While V4

Table 1. The amount of water given to the beginning of experiment of water stress

Water content to field capacity (%)	Soil air dry weight of each polybag (kg)	Wet weight of soil to be reached (kg)	Water supply at the beginning (L)
100	6.5	8.250	1.750
75	6.5	7.812	1.312
50	6.5	7.375	0.875
25	6.5	6.937	0.437

seedling variety produced higher average growth rate of all parameters at all water stress levels tested. However, a better water absorption and more available water in V4 variety (D x P Sungai Pancur 2) will promote cell division and enlargement, cell growth and nourish by metabolite. Cell enlargement and nourish will cause the increment of plant diameter and leaf width while cell division and longevity will cause the increase the plant height, and ultimately increase root and crown plant dry weight. Root growth is much influenced by the metabolite transport and supply to the root.

The correlation between crown growth and root growth is higher (r is 0.938). It happened since the root and shoot are symbiotic organs. Root quality obtained (root dry weight) is significantly correlate with crown dry weight, plant height, leaf wide and plant diameter. A better root quality will increase the ability

of plant to absorb the nutrient. The nutrient will then be transported to the leaf for photosynthetic. The wider leaf the more substrate could be used for photosynthetic since the rate of CO_2 diffusion also increase, the light interception and the photosynthetic activity are increased. The photosynthetic product in the shoot and its transportation to the root will determine the ability of root to absorb the nutrient, while the supply of nutrient to the shoot will control the rate of photosynthetic (1).

Seedling height. The result showed that the highest seedling (59.66 cm) of all treatments is found in V4 variety at field capacity water stress (Table 2). At field capacity, the plant is allowed to increase its ability to absorb more nutrient from the soil that could be used for photosynthesis and then the photosynthetic result will be used for crown growth.

Table 2. The interaction effect of water stress and varieties on oil palm seedling height

Varieties	Water Stress			
	100 % FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	(cm)			
V1 (D x P Marihat)	48.80 cd (100 %)	48.33 cd (99.0 %)	46.00 de (94.3 %)	33.43 g (68.5 %)
V2 (D x P Nifor)	51.60 bc (100 %)	48.80 cd (94.6 %)	43.53 e (84.4 %)	34.36 g (66.6 %)
V3 (D x P Yangambi)	49.43 cd (100 %)	46.30 de (97.7 %)	39.03 f (79.0 %)	37.23 fg (75.4 %)
V4 (D x P SP 2)	59.66 a (100 %)	55.40 b (92.9 %)	47.06 de (78.9 %)	39.40 f (66.2 %)
V5 (Dy x P SP 1)	48.76 cd (100 %)	45.50 de (93.5 %)	39.33 f (80.7 %)	38.56 f (79.1 %)

Remarks : - The number followed by the same letter is not significantly different at 5 %
 - The lower case is used to compare the mean of interaction effect of water stress and variety.
 - FC = Field Capacity
 - These notes are applicable for subsequent table within this paper (Table 2, 3, 4, 5 and 6)

It can be seen from Table 2 that watering at field capacity (FC) level gave the highest seedling (51.65 cm). The height of seedling decreased in line with the increasing of water stress. V4 showed the highest growth at all level of water stress compared with other varieties. It is indicated that V4 (Dx P Sungai Pancur 2) is more responsive and adapted better to water stress.

Leaf width. Leaf wide decrease in line with the increasing of water stress (Table 3). It can be seen that the widest leaf is found in V4 at 100% FC level of water stress, namely 1261.02 cm² and not significantly different with V4 at 75% FC (1203.90 cm²). For V4, watering at 75% of FC is enough for plant growth and it is not necessary to give water until 100% FC since there is not significant effect to the plant.

It can be explained that the watering at 100 % FC will give the widest leaf

(1076.65 cm²) and significantly different with other water stress levels. In case of plant variety, V4 gave the widest leaf (996.18 cm²) and significantly different with other varieties.

Table 3 showed that V4 gave the highest leaf wide at all level of water stress. It can be happened since the V4 genetically grow faster and the ability to adapt with soil water and also supported by the plenty number of roots to allow the seedling absorb the nutrient better. It is indicated that the highest and positive coefficient correlation between dry root and leaf wide ($r = 0.866$)

Leaf number. Our observation showed that water stress and variety factors has no significant effect on leaf number. It probably the leaf number is genetically heritage of oil palm and also depend on the age of palm. Leaf formation rate (no of leaf at certain time) or plastokhorn index (the length of time

Table 3. The interaction effect of water stress and varieties on leaf width of oil palm seedling

Varieties	Water Stress			
	100 % FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	(cm ²)			
V1 (D x P Marihat)	1108.50 b (100 %)	1028.90 cde (92.9 %)	593.64 j (53.6 %)	453.80 k (41.0 %)
V2 (D x P Nifor)	1033.02 cd (100 %)	950.24 fgh (92.0 %)	866.13 gh (83.9 %)	423.10 k (41.0 %)
V3 (D x P Yangambi)	1058.12 bc (100 %)	980.86 def (92.7 %)	881.56 h (83.4 %)	464.67 k (44.0 %)
V4 (D x P SP 2)	1261.02 a (100 %)	1203.90 a (95.6 %)	958.00 efg (76.0 %)	561.78 j (44.5 %)
V5 (Dy x P SP 1)	922.59 fgh (100 %)	798.43 i (86.6 %)	601.77 j (65.2 %)	430.60 k (46.7 %)

Table 4. The effect of water stress and variety interaction on leaf number of oil palm seedling

Oil Palm Varieties	Water Stress Treatments			
	FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	----- (helai) -----			
V1 (D x P Marihat)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)	8.33 (100 %)
V2 (D x P Nifor)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)
V3 (D x P Yangambi)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)
V4 (D x P SP 2)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)	8.66 (100 %)
V5 (Dy x P SP 1)	8.66 (100 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)	8.33 (96.1 %)

Table 5. The interaction effect water stress and plant variety on stem diameter

Varieties	Water stress level			
	FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	----- (cm) -----			
V1 (D x P Marihat)	2.93 bcd (100 %)	2.56 f (87.3 %)	2.23 g (76.1 %)	1.73 i (59.0 %)
V2 (D x P Nifor)	2.96 abcd (100 %)	2.90 cd (97.9 %)	2.30 g (77.7 %)	1.91 hi (64.5 %)
V3 (D x P Yangambi)	3.10 abc (100 %)	3.06 abc (98.7 %)	2.68 ef (86.4 %)	1.83 hi (59.0 %)
V4 (D x P SP 2)	3.16 a (100 %)	3.13 ab (99.0 %)	2.93 bcd (92.7 %)	2.16 g (68.3 %)
V5 (Dy x P SP 1)	2.96 abcd (100 %)	2.83 de (95.6 %)	2.60 f (87.8 %)	1.98 h (66.9 %)

needed to form of each leaf) relatively constant when the plant is grown at constant temperature and light intensity (6).

Stem Diameter. Stem diameter decreased in line with the increasing of water stress. V4 at FC showed the biggest stem diameter (3.16 cm) and has no

significant different with V2, V3, V5 at FC water level and with V3, V4 at 75% FC of water.

It can be seen that water treatment at FC gave the biggest stem diameter (3.00 cm) and has no significant different with 75% FC (2.92 cm). In other hand, variety treatment showed that V4 on average,

Table 6. The interaction effect of water stress and the variety on root dry weight

Varieties	Water stress treatment			
	FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	(g)			
V1 (D x P Marihat)	9.22 cd (100 %)	8.40 ef (91.1 %)	4.75 i (51.6 %)	4.57 i (49.6 %)
V2 (D x P Nifor)	9.51 c (100 %)	8.03 f (84.4 %)	5.81 h (61.1 %)	4.73 i (49.8 %)
V3 (D x P Yangambi)	10.65 b (100 %)	8.75 de (92.2 %)	6.11 h (57.4 %)	4.56 i (42.8 %)
V4 (D x P SP 2)	11.41 a (100 %)	8.96 cde (79.6 %)	7.99 f (70.1 %)	4.86 i (42.6 %)
V5 (Dy x P SP 1)	9.47 c (100 %)	8.37 ef (89.4 %)	7.16 g (75.6 %)	4.25 i (44.9 %)

gave the biggest (2.85 cm) stem diameter and significantly different with other varieties. Data from Table 4 also showed that water treatment at 75 % FC has no significant different with the plant growth at FC. It can be concluded that water at 75 % FC is sufficient for a normal growth and therefore the exceed level of water (FC) has no significant contribution and effect on the growth.

Root dry weight. Oil palm has a shallow root system, therefore susceptible to water stress. The effect of drought on the growth of oil palm is indicated by un-opened young leaf, breaking of old frond and even the shoot. The decreasing of productivity of 10-40% bellow normal potential production, the dryness of fruit bunch and in some cases killed the palm. This effect could be seen at the time of drought incidence and up to the following two years (7).

The root dry weight decreased in line with the increasing of water stress. Field Capacity (FC) treatment produced, on average, the highest dry root (9.76 g). At

100% FC, where the availability of water is optimum, the root could develop and absorb the water easily, while at water stress the development and the distribution of root is inhibited.

V4 showed the highest dry root at FC (11.41 g) and also at nearly all of water stress level. It assumed that D x P SP 2 variety has the adaptation ability to various soil water levels and has quite good root system compared with other varieties used in this experiment. The root system of V4 could absorb the soil water at various levels.

Crown dry weight. The highest crown dry weight (24.33 g) was found at FC level treatment and was significantly different with other water stress levels. Whereas the V4 variety produced the highest crown dry weight (19.96 g) and significantly different with other varieties.

The crown dry weight decreased in line with the increasing of water stress level. It is recognized that the highest crown dry weight was found in V4 variety

Table 7. The interaction effect of water stress level and variety on crown dry weight

Varieties	Water stress treatment			
	FC	75 % FC	50 % FC	25 % FC
	(g)			
V1 (D x P Marihat)	20.97 bc (100 %)	19.30 de (92.0 %)	12.34 f (58.9 %)	9.56 gh (45.6 %)
V2 (D x P Nifor)	22.51 b (100 %)	21.74 b (96.5 %)	12.04 f (53.5 %)	8.46 gh (37.6 %)
V3 (D x P Yangambi)	28.58 a (100 %)	18.82 de (65.9 %)	18.80 de (65.8 %)	8.85 gh (30.9 %)
V4 (D x P SP 2)	29.06 a (100 %)	21.33 bc (73.4 %)	19.66 cd (67.7 %)	9.79 g (33.7 %)
V5 (Dy x P SP 1)	22.23 b (100 %)	21.05 bc (94.7 %)	17.66 e (79.5 %)	7.90 h (35.6 %)

at 100% FC (29.06 g) and was not significantly different with V3 (28.58 g) at the same level of water stress.

It was proved that a better root quality would produce a better crown growth. It will increase the ability of plant to absorb the nutrient from the soil. The absorbed nutrient will be used for photosynthetic process and then the assimilate will be used for a plant better growth in other to produce higher crown dry weight.

Conclusion

Water stress at different level will affect the growth of oil palm seedling. Morphologically, the extreme decrease of growth parameter such as plant height, leaf width, stem diameter, root and crown dry weight happened to the seedling that unable to adapt to the water stress.

D x P Sungai Pancur 2 (V4) variety is relatively able to adapt to water stress and gave a better growth compared with other varieties at water stress. It is

indicated by higher value number of all growth parameters. The most tolerance of oil palm variety to water stress is V4 followed by V3, V 2, V1 and V5, respectively. It might because of the different source and plant origin.

References

1. Fitter, A. H, and R. K. M. Hay. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman (terjemahan Andini, S. dan E. D. Purbayanti dari Environmental Physiology of Plant). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 321 hal.
2. Jin Su, Q. Shen, T-HD. Ho, and R. Wu. 1998. Dehydration-stress-regulated transgene expression in stably transformed rice plants. *Plant Physiol.* 117: 913-922.
3. Kirkham, M.B. 1990. Plant Responses to water Deficits. In B.A. Stewart (ed.) Irrigation of Agricultural Corps. Madison, Wisconsin USA. 323-342.
4. Mayes, S., C. James, Z. Prize, L.M. Groves, P.L. Jack and R.H.V. Corley. 1996. Integration of DNA markers into oil palm breeding programmes. In Proceeding on the 1996 PORIM International Palm Oil Congress, Malaysia. 49-54.

The effect of water stress on the morphological character of several oil palm (*elaeis guineensis* Jacq.) varieties

5. Miyawaki, Y. 1998. Major contribution of crude oil and palm kernel oil in the oleochemical industry. International Oil Palm Conference, Bali, Indonesia.
6. Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992 Plant Physiology. Fourth Edition. Wadsworth Publishing Company. California. pp : 116-355.
7. Siregar, H.H., A. Purba, E. Syamsuddin dan Z. Poeloengan. 1995. Penanggulangan kekeringan pada tanaman kelapa sawit. Warta PPKS 3 (1) : 9 - 14.
8. _____, W. Darmosarkoro and Z. Poeloengan. 1998. Oil palm yield simulation using drought characteristics. International Oil Palm Conference, Bali, Indonesia.
9. Wang, Z., B. Quebedeaux, and G.W. Stutte. 1995. Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 747-754.
10. Yakushiji, H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma mandarin tree tissue and fruit in response to drought stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4): 719-726.
11. Yuan, Y.Y. and C.K. Weng. 1996. Breeding oil palm for competitiveness and sustainability in the 21st century. In Proceedings on the 1996 PORIM International Palm Oil Congress. Malaysia. 19-31

ooOoo