

## **Respons Morfologi dan Fisiologi Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Terhadap Cekaman Air**

**Muhdan Syarovy, Eko Noviandi Ginting dan Heri Santoso**

### **Abstrak**

Ketersediaan air pada tanaman kelapa sawit merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi produksi. Tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air dapat dilihat dari karakter morfologi dan fisiologinya. Secara morfologi, tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air akan merespons dengan perpanjangan daerah perakaran, penurunan luas daun, rusaknya pelepah dan pucuk yang patah hingga penurunan produksi. Sementara secara fisiologi, tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air akan mempunyai respons penghindaran dan toleransi. Respons penghindaran dapat dilihat dari menutupnya stomata untuk mengurangi laju transpirasi melalui peningkatan asam absisat pada tanaman, akibatnya penyerapan CO<sub>2</sub> menjadi terhambat sehingga mengurangi laju fotosintesis. Sedangkan respons toleran dapat dilihat dari kandungan prolin yang meningkat. Prolin merupakan salah satu senyawa osmoregulator organik yang terbentuk di dalam sel ketika tanaman mengalami cekaman air.

Kata kunci: kelapa sawit, cekaman air, morfologi, fisiologi, asam absisat, prolin

### **Pendahuluan**

Dalam beberapa tahun terakhir penggunaan minyak nabati khususnya minyak kelapa sawit terus meningkat. Di Indonesia, konsumsi minyak per kapita pada tahun 2005 telah mencapai 18,7 Kg dimana 95% keperluan minyak dan lemak berasal dari minyak kelapa sawit dan inti sawit (Lubis, 2008). Oleh sebab itu, minyak sawit memiliki posisi strategis untuk dikembangkan.

Saat ini lahan-lahan yang sesuai secara teknis semakin terbatas, oleh sebab itu pengembangan perkebunan kelapa sawit mengarah ke lahan-lahan marginal. Salah satu lahan marginal yang berpotensi untuk pengembangan kelapa sawit adalah lahan marginal beriklim kering. Lahan marginal beriklim kering merupakan lahan yang dapat menjadi defisit air karena adanya musim kemarau yang terjadi hanya 2-3 bulan dalam setahun (Santoso *et al.*, 2013). Beberapa daerah perkebunan di Indonesia yang sering mengalami kekeringan ialah Lampung, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Kalimantan dan Kawasan Indonesia Timur lainnya.

Siregar *et al.*, (1995) melaporkan kekeringan tersebut terjadi secara berkala setiap 3-5 tahun sekali seperti pada tahun 1982, 1987, 1991 dan 1994.

Air merupakan faktor lingkungan yang penting dalam budidaya kelapa sawit. Air seringkali menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman budidaya. Menurut Gardner *et al.*, (2008) pertumbuhan sel pada tanaman sangat sensitif terhadap kekurangan air. Bakome *et al.*, (2008) menjelaskan kekurangan air pada tanaman akan mengakibatkan turunnya laju pembelahan sel dan perpanjangan sel sehingga berpengaruh dalam mempercepat kerusakan RNA (*ribonucleic acid*) dan rendahnya penyerapan CO<sub>2</sub> yang dapat menyebabkan pembatasan hasil fotosintesis. Selain itu Darmosarkoro *et al.*, (2001) melaporkan bahwa kekurangan air pada tanaman juga akan menghambat dalam penyerapan hara, fotosintesis, perkembangan jaringan tanaman dan metabolisme lainnya.

Tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air akan menunjukkan respons morfologi dan fisiologi. Respons morfologi dapat dilihat secara langsung dari kondisi fisik tanaman, sementara respons fisiologi dapat dilihat dari aktivitas metabolisme tanaman. Tulisan ini membahas lebih lanjut mengenai respons tanaman dalam menghadapi cekaman air dari aspek morfologi dan fisiologi tanaman tersebut.

### **Respons Morfologi Tanaman Terhadap Cekaman Air**

Tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air akan menunjukkan respons yang dapat dilihat secara langsung melalui kondisi morfologi tanaman. Kondisi morfologi yang terlihat akibat dampak secara langsung dari cekaman air ialah akar, daun dan produksi.

#### **Akar**

Secara morfologi cekaman air akan memperpanjang daerah perakaran tanaman (Akinci dan Lonsel, 2012). Perpanjangan daerah perakaran akan menyebabkan tanaman lebih mampu dalam mengabsorpsi air. Salisbury dan Ros (1995) mengemukakan cekaman air akan memperpanjang pertumbuhan akar agar tanaman dapat meningkatkan pasokan air. Hasil penelitian Palupi dan Dedywiyanto (2008) menunjukkan bahwa perlakuan 25% kapasitas lapang pada 2 minggu setelah perlakuan telah menurunkan panjang akar hingga 9,2% pada bibit kelapa sawit berumur 4 bulan, namun jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, perlakuan 25% kapasitas lapang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini diduga tanaman melakukan mekanisme pertahanan dengan pemanjangan akar agar dapat bertahan dalam kondisi cekaman air (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh kadar air media terhadap panjang akar pada bibit kelapa sawit

Perlakuan	Panjang akar (cm)	
	2 Minggu Setelah Perlakuan	4 Minggu Setelah Perlakuan
100% Kapasitas Lapang	45,74	48,78
75% Kapasitas Lapang	44,60	46,99
50% Kapasitas Lapang	44,05	47,20
25% Kapasitas Lapang	41,52	44,69

Sumber: Palupi dan Dedywiyanto (2008)

## Daun

Tanaman yang mengalami cekaman air juga akan mengurangi perluasan areal daun secara drastis. Penurunan luas areal daun bertujuan untuk mengurangi laju transpirasi. Hasil penelitian Pangaribuan *et al.*, (2001) dapat dilihat bahwa semakin besar cekaman air maka semakin kecil luas daun (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh interaksi cekaman air terhadap luas daun kelapa sawit pada berbagai varietas

Perlakuan Varietas	Perlakuan cekaman air				
	KL	75% KL	50% KL	25% KL	
Luas Daun (cm <sup>2</sup> )	D x P Marihat	1108,50	1028,90	593,64	453,80
	D x P Nifor	1033,02	950,24	866,13	423,10
	D x P Yangambi	1058,12	980,86	881,56	464,67
	D x P SP 2	1261,02	1203,90	958,00	561,78
	D x P SP1	922,59	798,43	601,77	430,60

Ket : KL (Kapasitas lapang), Sumber : Pangaribuan *et al.*, (2001)

Kekeringan yang berlanjut dapat menyebabkan menurunnya turgor sel yang mengakibatkan tekanan ke arah luar dinding sel menurun sehingga mengganggu proses pembesaran sel dan akhirnya menurunkan aktivitas pembelahan sel (Darmosarkoro, 2001). Hal ini memberikan dampak terhadap terhambatnya pertumbuhan jaringan tanaman yang berakibat adanya penurunan luas daun.

Gejala-gejala lainnya sebagai dampak rusaknya jaringan akibat dari cekaman air juga dapat dilihat dari kondisi pelepah dan adanya daun pucuk yang patah (Darmosarkoro, 2001). Di Kostarika gejala cekaman air dapat dilihat dari adanya daun tombak yang menguning dan belum membuka serta pelepah yang patah. Sementara di Afrika, gejala cekaman air terjadi dalam beberapa tahap sesuai dengan tingkat kerusakan yang dihasilkannya. Tahap pertama dimulai dengan tidak terbukanya 5-6 daun tombak, tahap kedua adanya pelepah yang patah

dan kegagalan tandan dalam mencapai matang, tahap ketiga mengeringnya semua daun pada dasar mahkota dan patahnya daun pada bagian atas kanopi dan tahap terakhir ialah dapat menyebabkan kematian pada pohon (Bakoume *et al.*, 2013). Hasil yang sama juga dapat dilihat dari Siregar *et al.*, (1995) dimana dampak kekeringan terjadi dalam beberapa stadia yang diikuti dengan gejala terhadap pertumbuhan vegetatif (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh defisit air terhadap pertumbuhan vegetatif

Stadia	Defisit air (mm/th)	Gejala pada tanaman kelapa sawit	
		Pertumbuhan Vegetatif	
Pertama	< 200	-	Belum begitu terpengaruh
Kedua	200-300	-	Pada TBM dan TM, 3-4 daun muda tidak membuka - Pada TM, 8-12 pelepah daun tua patah dan mengering
Ketiga	300-400	-	Pada TBM dan TM, 4-5 daun muda tidak membuka - Pada TM, 8-12 pelepah daun tua patah dan mengering
Keempat	400-500	-	Pada TBM dan TM, 4-5 daun muda tidak membuka - Pada TM, 12-16 pelepah daun tua patah dan mengering
Kelima	>500	-	Pada TBM dan TM daun muda dan tua seperti stadia keempat - Pada TBM dan TM, pupus bengkok dan akhirnya patah

Sumber : Siregar *et al.*, (1995)

Pangaribuan *et al.*, (2001) menjelaskan tanaman kelapa sawit yang tercekam akan memberikan karakter yang menyebabkan terhambatnya daun-daun membuka, daun muda menjadi mengering, hijau daun menjadi rusak yang dapat mengakibatkan rusaknya seluruh kanopi bahkan bila terjadi dalam kondisi yang ekstrim dapat menyebabkan kematian.

### Produksi

Curah hujan memiliki dampak yang besar terhadap produksi kelapa sawit, menurut Rizal dan Tsan (2007) dampak tersebut antara lain: (1) curah hujan antara 200-300 mm/bulan memberikan produksi 2-3 ton/ha; (2) curah hujan antara 100-199 mm/bulan memberikan produksi antara 1,5-2 ton/ha; (3) curah hujan antara 0-99 mm/bulan hanya memberikan produksi 0,5-1,5 ton/ha. Hasil penelitian Mhanhmad *et al.*, (2011) juga menjelaskan bahwa akumulasi curah hujan dapat mempengaruhi berat tandan selama perkembangan buah (3 bulan sebelum panen). Akumulasi curah hujan 200 mm menunjukkan berat tandan 50 kg/tanaman, sementara akumulasi curah hujan 800 mm mempunyai berat tandan 200 kg/tanaman.

Kekurangan air pada tanaman kelapa sawit tentunya akan lebih banyak berpengaruh terhadap produksi. Siregar *et al.*, (1995) menjelaskan bahwa cekaman air kurang dari 200 mm/tahun dapat menurunkan produksi sekitar 0-10% (Tabel 4), sementara itu Corley dan Tinker (2003) menyebutkan defisit air 100 mm dapat menurunkan produksi tandan buah segar antara 10 sampai 20%.

Tabel 4. Pengaruh defisit air terhadap penurunan produksi

<b>Defisit air (mm/th)</b>	<b>Penurunan produksi (%)</b>
< 200	0-10
200-300	10-20
300-400	20-30
400-500	30-40
>500	>40

Sumber : Siregar *et al.*, (1995)

### **Respon Fisiologi Tanaman Terhadap Cekaman Air**

Tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air akan menunjukkan respons yang dapat dilihat dari aktifitas metabolismenya (fisiologi). Menurut Levitt (1980) secara fisiologi tanaman yang mengalami cekaman air mempunyai dua mekanisme untuk mengatasi cekaman air tersebut yaitu dengan penghindaran dan toleransi (ketahanan). Penghindaran yaitu tanaman tetap mempertahankan status air dalam jaringan agar metabolisme tetap berjalan, sedangkan toleransi terhadap kekeringan yaitu tanaman tetap dapat melanjutkan metabolisme hidupnya walaupun status air sangat rendah.

#### *Penghindaran dari kekeringan*

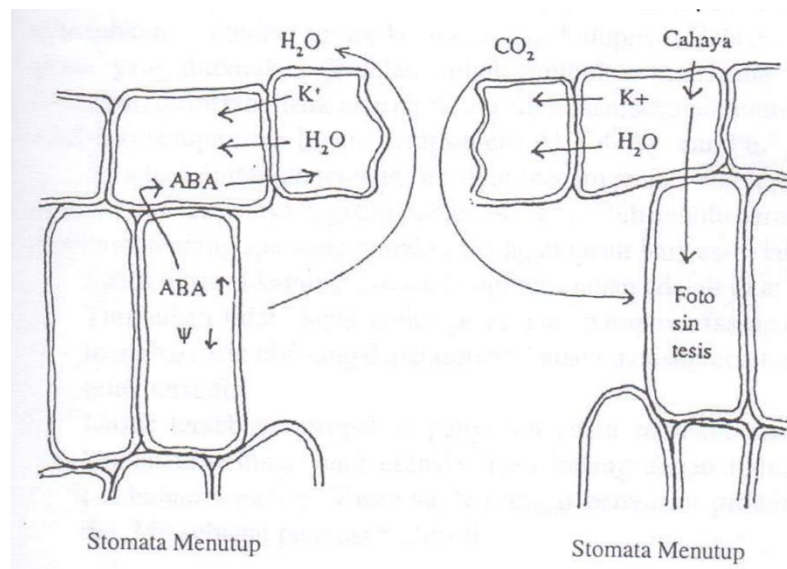
Transpirasi merupakan suatu proses kehilangan air dari jaringan tanaman melalui stomata (Lakitan, 2012). Stomata akan terbuka jika daun terkena sinar matahari secara langsung dan menutup ketika gelap. Mekanisme ini melibatkan pergantian turgor dari sel penjaga. Ketika sel penjaga kehilangan turgor, dinding sel terdalam akan mendapatkan kembali bentuknya dan stomata tertutup (Haniff, 2006).

Membuka dan menutupnya stomata akan mempengaruhi penyerapan CO<sub>2</sub>. Ketika stomata terbuka maka penyerapan CO<sub>2</sub> akan semakin besar, hal ini juga sejalan dengan laju transpirasi yang semakin besar. Jika terjadi cekaman air, maka tanaman akan meresponsnya dengan penutupan stomata.

Cekaman air akan mempengaruhi kandungan asam absisat (ABA) di dalam tubuh tanaman. ABA merupakan hormon pengatur tumbuh yang mengatur pertumbuhan tanaman dalam kondisi stress air karena menutupnya stomata (Taiz dan Zeiger, 1991). Menurut

Salisbury dan Ross (1995) ABA akan memberikan sinyal kepada daun untuk menutup stomata ketika terjadinya kekurangan air. Haniff (2006) menambahkan jika kandungan air tidak cukup bagi tanaman untuk bertranspirasi, maka ABA inilah yang memicu penutupan stomata. Hasil penelitian Toruan-Mathius *et al.*, (2001) menjelaskan kadar asam absisat pada klon kelapa sawit MK356 dan MK365 meningkat setelah 18 hari diberi perlakuan cekaman air.

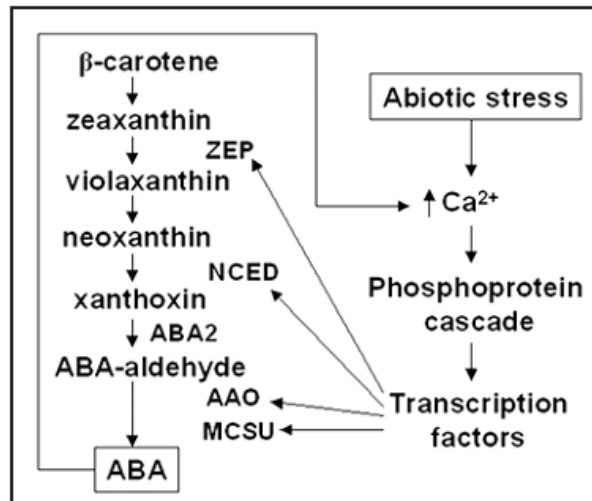
Ada dua *feedback loop* yang dapat mengendalikan dalam membuka dan menutupnya stomata: (1) stomata akan membuka jika CO<sub>2</sub> di rongga sub stomata menurun, hal ini akan membuat ion kalium masuk ke sel penjaga; (2) jika tanaman kekurangan air maka ABA akan dikirim masuk ke sel penjaga, akibatnya stomata akan menutup (Gambar 1.) (Lakitan, 2012; Salisbury dan Ross, 1995).



Sumber: Lakitan, (2012)

Gambar 1. Dua efek *feedback loop* yang dapat mengendalikan aksi stomata

Pada saat mengalami cekaman air, ABA disintesis dari β-karoten melalui pembelahan oksidatif dari xanthoxin ke ABA melalui ABA-aldehida. Cekaman abiotik (Dehidrasi, dingin, salinitas) merangsang biosintesis ABA dan akumulasi dengan mengaktifkan gen yang terlibat dalam jalur biosintesis ABA, yang dengan sendirinya dapat dimediasi tergantung dari kalsium fosforilasi kaskade. ABA juga dapat meningkatkan biosintesis gen melalui sinyal jalur kalsium (Gambar 2.) (Tuteja, 2007).



Sumber: Tuteja, (2007)

Gambar 2. Jalur sintesis asam absisat

Secara umum cekaman air akan menghambat penyerapan CO<sub>2</sub> yang akan mengurangi laju fotosintesis tanaman dan pada akhirnya akan menurunkan produksi tanaman.

#### *Toleransi terhadap kekeringan*

Toleransi yang ditunjukkan tanaman saat terjadinya cekaman air yaitu dengan penyesuaian osmotik. Penyesuaian osmotik dilakukan agar tanaman dapat mempertahankan stabilitas tekanan turgor sel melalui sintesis dan akumulasi berbagai ion inorganik, karbohidrat, protein dan asam organik. Salah satu senyawa yang memiliki peranan penting dalam penyesuaian osmotik ialah prolin (Kartika, 2012; Cao *et al.*, 2011).

Prolin merupakan sejenis osmoregulator organik yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stress (Alzadeh *et al.*, 2011). Peranan lainnya ialah sebagai sistem antioksidan dalam respons pertahanan tanaman pada kondisi cekaman air (Cha-um *et al.*, 2013). Tanaman yang toleran terhadap cekaman air diindikasikan mempunyai kandungan prolin yang tinggi (Palupi dan Dedywiyanto, 2008).

Prolin juga sering dijadikan indikator untuk mencari tanaman yang toleran terhadap kekeringan. Pangaribuan *et al.*, (2000) menyebutkan bahwa tanaman yang memiliki potensi untuk toleran akan memperlihatkan kemampuan dalam mengumpulkan prolin yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang peka. Oleh sebab itu prolin digunakan sebagai penanda dini dalam respons bibit kelapa sawit terhadap cekaman air.

Hasil penelitian Toruan-Mathius *et al.*, (2001) menunjukkan bahwa peningkatan akumulasi prolin terjadi sangat nyata pada klon kelapa sawit MK356 dan 365 (berumur 1,4 tahun) setelah 14 hari mengalami cekaman air dan terus meningkat hingga 18 hari setelah

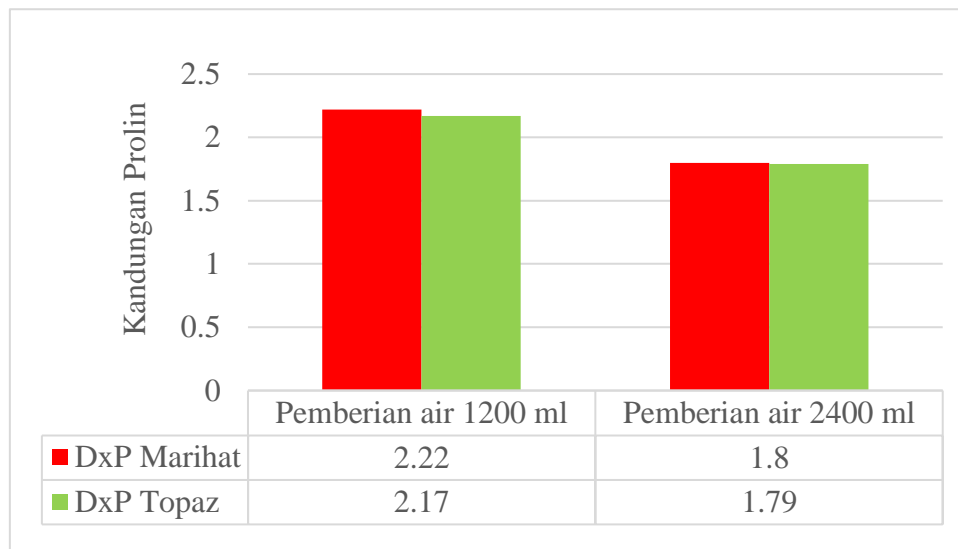
mengalami cekaman air. Pada saat jenuh air kadar prolin hanya 2,49  $\mu\text{mol/g dw}$  kemudian mengalami peningkatan sekitar 15 kali pada 14 hari setelah mengalami cekaman air dan 24 kali setelah 18 hari mengalami cekaman air (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan prolin pada tiap tingkat cekaman air

	Klon	Lama cekaman air (hari)			
		0	7	14	18
Prolin	MK 356	2,49	6,95	27,68	53,46
$\mu\text{mol/g dw}$	MK 365	2,10	4,67	45,13	63,06

Sumber: Toruan-Mathius *et al.*, (2001)

Kandungan prolin yang berbeda juga ditunjukkan dari beberapa tingkat pemberian air yang berbeda. Hasil penelitian Maryani (2012) menunjukkan bahwa bibit kelapa sawit yang diberikan air sebesar 1200 ml memiliki kandungan prolin yang lebih tinggi dibandingkan bibit yang diberikan air sebesar 2400 ml (Gambar 1).



Sumber: Maryani, (2012)

Gambar 3. Grafik antara pemberian air dengan kandungan prolin

Penelitian untuk mendapatkan varietas yang lebih baik juga dilakukan oleh Pangaribuan *et al.*, (2000) dengan membandingkan 5 varietas kelapa sawit yaitu DxP Marihat, DxP Nifor, DxP Yangambi, DxP Sungai Pancur 1 dan DxP Sungai Pancur 2 di pembibitan dengan perlakuan 100% kapasitas lapang, 75% kapasitas lapang, 50% kapasitas lapang dan 25% kapasitas lapang di pembibitan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa DxP Sungai Pancur 2 mempunyai kandungan prolin lebih tinggi pada perlakuan 25% kapasitas lapang sebesar 2,96  $\mu\text{mol/g}$  dibandingkan varietas lainnya (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh cekaman air terhadap kadar prolin pada beberapa varietas kelapa sawit di pembibitan

	Perlakuan Varietas	Perlakuan cekaman air			
		KL	75% KL	50% KL	25% KL
Prolin $\mu\text{mol/g dw}$	D x P Marihat	1,11	1,46	1,97	2,22
	D x P Nifor	1,25	1,61	2,03	2,26
	D x P Yangambi	1,28	1,98	2,37	2,32
	D x P SP 2	1,51	2,44	2,60	2,96
	D x P SP2	1,11	1,21	1,68	1,53

Ket : KL (*Kapasitas lapang*), Sumber: Pangaribuan *et al.*, (2000)

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dilihat tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air secara fisiologi akan melakukan suatu pertahanan agar tetap dapat melanjutkan metabolisme. Tanaman yang menghindari cenderung menurunkan aktifitas transpirasinya dengan cara penutupan stomata. Penutupan stomata mengakibatkan terhambatnya penyerapan  $\text{CO}_2$  sehingga menurunkan laju fotosintesis. Tanaman yang toleran akan melakukan penyesuaian osmotik untuk mempertahankan stabilitas turgor sel dengan mensintesis berbagai senyawa organik yang salah satunya ialah prolin. Prolin memiliki peranan sebagai osmoregulasi organik yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman dalam kondisi stres air.

### Kesimpulan

Respons tanaman kelapa sawit terhadap cekaman air dapat dilihat dari karakter morfologi dan fisiologi. Secara morfologi tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air memiliki perakaran yang semakin panjang dan luas daun yang semakin mengecil. Selain itu, gejala yang dapat dilihat antara lain tidak terbukanya daun tombak, patah pelepah, daun menguning, sedikitnya jumlah bunga betina hingga gagalnya tandan mencapai matang.

Secara fisiologi tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air mempunyai dua mekanisme pertahanan agar proses metabolismenya tetap berjalan. Mekanisme pertama ialah dengan penghindaran dari kekeringan, pada prinsipnya mekanisme ini mempertahankan status air yang terdapat dalam tubuh tanaman agar metabolisme tetap berjalan. Mekanisme ini bekerja dengan cara membatasi atau menghambat laju transpirasi melalui peningkatan asam absisat pada tanaman sehingga akan mempengaruhi pembukaan stomata. Mekanisme yang kedua ialah tanaman menjadi toleran dalam menghadapi cekaman air. Tanaman akan melakukan

penyesuaian osmotik untuk menjaga stabilitas turgor sel dengan mensintesis senyawa-senyawa organik, salah satunya adalah prolin.

### Daftar Pustaka

- Alzadeh, A., V. Alizade, L. Nassery dan A. Eivazi. 2011. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. TJEAS. Hal: 86-94.
- Akinci, S. dan D. M. Lonsel. 2012. Plant Water-Stress Response Mechanisms. Intech. Hal: 15-42.
- Bakoume, C., N. Shahbudin, S. Yacob, C. S. Siang, dan M. N. A. Thambi. 2013. Improvement Methode for Estimating Soil Moisture Deficit in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Areas With Limited Climatic Data. Journal of Agricultural Science. Vol. 5. No. 8. Hal: 57-65.
- Cao, H., C. Sun, H. Shao dan X. Lei. 2011. Effects of Low Temperature and Drought on The Physiological and Growth Changes in Oil Palm Seedling. Journal of Biotechnology Vol. 10. No. 14. Hal: 2630-2637.
- Cha-um, S., N. Yamada, T. Takabe dan C. Kirdmanee. 2013. Physiological Feature and Growth Characters of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Response to Reduced Water Deficit and Rewatering. Australian Journal of Crop Science. Vol. 7. No. 3. Hal: 432-439.
- Corley R.H.V. dan P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm Fourth Edition. Blackwell Science Ltd. United Kingdom.
- Darmosarkoro, W., I. Y. Harahap dan E. Syamsuddin. 2001. Pengaruh Kekeringan Pada Tanaman Kelapa Sawit dan Upaya Penanggulangannya. Warta PPKS. Vol. 9. No. 3. Hal: 83-96.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchel. 2008. Fisiologi Tanaman Budidaya. Diterjemahkan oleh Susilo, H. UI-Press. Jakarta.
- Haniff, M. H. 2006. Gas Exchange of Exiced Oli Palm (*Elaeis guineensis*) Fronds. Asian Journal of Plant Sciences. Vol. 1. No. 5. Hal: 9-13.
- Kartika, E. 2012. Peranan Cendawan Mikoriza Arbuskular dalam Meningkatkan Daya Adaptasi Bibit Kelapa Sawit Terhadap Cekaman Kekeringan pada Media Tanah Gambut. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Jambi. Vol. 1. No. 2. Hal: 52-63.
- Lakitan, B. 2012. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: Water, radiation, salt, and other stresses. Vol. II. Academic Press. New York.
- Lubis, A. 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). di Indonesia. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.

- Mhanhmad S, P. Leewanich, V. Punsuvon, S. Chanprame dan P. Srinives. 2011. Seasonal effects on bunch components and fatty acid composition in Dura oil palm (*Elaeis guineensis*). African Journal of Agricultural Research. Vol 6. No. 7. Hal: 1835-1843
- Maryani, A. T., 2012. Pengaruh Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pembibitan Utama. Jurnal Agroteknologi. Vol. 1. No. 2 Hal: 64-75.
- Palupi E. R. dan Y. Dedywiyanto. 2008. Kajian Karakter Ketahanan terhadap Cekaman Kekeringan pada Beberapa Genotipe Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Buletin Agronomi. Vol. 36. No. 1. Hal: 24-32.
- Pangaribuan, Y., Sudradjat, D. Asmono. 2000. Respon Fisiologi Beberapa Varietas Kelapa Sawit di Pembibitan Terhadap Kekeringan. Jurnal Peneliti Kelapa Sawit. Vol. 9. No. 1. Hal: 1-20.
- Pangaribuan, Y., D. Asmono, dan S. Latif. 2001. Pengaruh Cekaman Air Terhadap Karakter Morfologi Beberapa Varietas Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Jurnal Peneliti Kelapa Sawit. Vol. 8. No. 2. Hal: 81-95.
- Rizal, A. R. dan Tsan F.Y. 2007. Rainfall Impact on Oil Palm Production and OER at FELDA Triang 2. Diakses dari <http://www.ipicex.com/docs/posters/Muhamad%20Rizal%20and%20Tsan.pdf> pada tanggal 27 November 2013.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross, 1995. Fisiologi Tumbuhan. Diterjemahkan oleh Lukman, D. R. Dan Sumaryono. ITB. Bandung.
- Santoso, H., M. A. Yusuf, dan B. Rachmadi. 2013. Strategi Pengelolaan Air Untuk Mendukung Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit.
- Siregar, H. H., A. Purba, E. Syamsuddin, dan Z. Poeloengan. 1995. Penanggulangan Kekeringan Pada Kelapa Sawit. Warta PPKS. Vol. 3. No. 1. Hal: 9-13.
- Taiz, L dan E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California.
- Tuteja, N. 2007. Absisic Acid and Abiotic Stress Signal. Plant Signaling and Behavior Vol. 2. No. 3, Hal: 135-138.
- Toruan-Mathius, N., G. Wijana, E. Guharja, H. Aswidinnoor, S. Yahya dan Subronto. Respons tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) terhadap cekaman kekeringan. Menara Perkebunan. Vol 69 No. 2 . Hal: 29-45.