

## **Pengaruh pemberian kalsium terhadap perubahan karakter anatomi pelepah bibit kelapa sawit tercekam kekeringan**

### **Impact of calcium supplying on frond anatomical character changes of oil palm seedling under drought stress**

**Novi Yulanda Sari<sup>1\*</sup>, Eka Tarwaca Susila Putra<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Jl. Raya Tanjung Pati Km. 7 Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada  
Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*Corresponding author: [noviyulanda.s@politaniptk.ac.id](mailto:noviyulanda.s@politaniptk.ac.id)

No. Handphone (what apps): 083869262156

#### **ABSTRACT**

One of the environmental limiting factors on the growth and productivity of oil palm is drought stress. Various studies have shown that besides inhibiting the oil palm's physiological and biochemical processes, severe drought stress also causes morphological changes in the form of oil palm frond fractures. However, research related to calcium's role in increasing the oil palm seedling's resistance exposed to drought stress is still limited. This research was conducted to determine the calcium effect and drought stress on the frond anatomical character changes of oil palm seedlings. The study was conducted using a complete randomized block design consisting of two treatments with three replications. The first treatment is drought stress level: field capacity, moderate, and severe drought stress. The second treatment is calcium dose: 0, 50, 100, and 150%. The results showed that drought stress at moderate and severe levels decreased the length and width of epidermal, hypodermis thickness, phloem, and xylem diameter of oil palm frond seedlings. Supplying Ca at 0.08 g increased the cohesiveness and structural strength of frond tissue by increasing the length and width of epidermal tissue and phloem diameter.

**Keywords:** Anatomy, Calcium, Drought Stress, Frond fracture

#### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Subsektor perkebunan kelapa sawit menjadi produk perkebunan unggulan yang sangat berperan penting terhadap kegiatan perekonomian di Indonesia, penyedia lapangan kerja dan mengentaskan kemiskinan masyarakat. Luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia hingga tahun 2021 mencapai 15,08 juta ha dengan produksi mencapai 41,32 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan 2020). Meningkatnya permintaan minyak kelapa sawit dunia dan relatif stabilnya harga CPO di pasar internasional, mendorong pemerintah untuk terus melakukan ekspansi perkebunan ke daerah-daerah yang belum ekstensif perkembangan kelapa sawit termasuk ke wilayah-wilayah yang bertanah masam yang berpotensi keracunan Al dan kurangnya kation basa seperti Ca, Mg, P dan K.

Pesatnya pengembangan perkebunan sawit di Indonesia memunculkan variasi dalam hal produktifitas. Salah satu faktor lingkungan yang sangat menentukan pertumbuhan dan produktifitas kelapa sawit adalah kekeringan. Curah hujan yang akhir-akhir tidak menentu dan

sulit diduga polanya akibat fenomena perubahan iklim global menjadi faktor pembatas bagi kelapa sawit. Kelapa sawit rentan tercekam kekeringan, kelebihan air dan stress panas (Paterson et al. 2015). Tanaman kelapa sawit akan mengalami cekaman kekeringan jika memenuhi minimum salah satu dari empat kriteria berikut diantaranya yaitu curah hujan < 1.250 mm/tahun, defisit air > 200 mm, jumlah bulan kering ( $CH \leq$  mm/bulan) > 3 bulan, dan hari tidak hujan terpanjang > 20 hari (Darlan 2016)

Cekaman kekeringan tidak hanya berpengaruh terhadap proses fisiologis dan biokimia, tetapi juga berpengaruh terhadap perubahan morfologi dan karakter anatomi kelapa sawit. Tanaman yang tercekam kekeringan akan mengalami penurunan turgiditas sel sehingga pertumbuhan sel (pembelahan dan pembesaran sel) terhambat (Blum 1996) dan terjadi perubahan kompleks dalam differensiasi sel (Potters et al. 2009). Tanaman juga merespon cekaman kekeringan dengan memodifikasi ketebalan selnya pada semua organ sebagai bentuk adaptasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hara. Pada kondisi tanaman tercekam kekeringan berat, sel-sel dari organ tanaman tidak bisa membesar dan menjadi lebih tipis. Pada kelapa sawit, sel dan jaringan tanaman mengalami perubahan yang tidak dapat balik berupa patahnya pangkal pelepah daun akibat terjadinya perubahan karakter anatomi dan kekuatan struktural sel pada pelepah yang tercekam kekeringan (Wirianata et al., 2017)

Kalsium merupakan unsur esensial yang berperan dalam pengaturan selektif membran sel, penyusun struktural dinding sel, pembelahan dan pemanjangan sel, menjaga stabilitas dinding sel, mengurangi permeabilitas membran sel, mencegah kebocoran ion akibat tekanan lingkungan serta pemeliharaan integritas sel (Naeem et al. 2013); untuk pertumbuhan jaringan meristematik dan daun termuda dan sebagai pektat pada lamella tengah untuk menguatkan dinding sel dan jaringan tanaman (Dordas 2009); serta sebagai *signal transduction* yang menyampaikan sinyal stress ke dalam membran sel saat tanaman terekspos cekaman kekeringan (Song et al. 2008). Tanaman akan terus mempertahankan tekanan turgor sel sehingga sel dapat tumbuh terus-menerus meskipun mengalami cekaman kekeringan. Pembentukan kekuatan jaringan pelepah kelapa sawit juga ditentukan oleh kadar kalsium yang terkandung di daun. Tanaman yang berumur lebih dari 9 tahun akan rentan mengalami patah pelepah.

Secara teori, peran kalsium dalam mengurangi dampak negatif dari cekaman kekeringan telah banyak diteliti. Serapan Ca yang cukup pada bibit kelapa sawit tercekam kekeringan diharapkan mampu menginduksi tanaman untuk lebih tahan dan bisa beradaptasi melalui perubahan karakter anatomi. Namun demikian, dinamika dan mekanisme kerja kalsium dalam menginduksi ketahanan tanaman kelapa sawit khususnya dari segi perubahan karakter anatomi terhadap cekaman kekeringan masih cukup terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kalsium terhadap mekanisme ketahanan jaringan bibit kelapa sawit tercekam kekeringan melalui peningkatan kekompakan dan kekuatan struktural jaringan serta mengetahui dosis kalsium yang optimal untuk mendapatkan hasil terbaik guna meningkatkan ketahanan bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan.

## MATERI DAN METODE

### Waktu, tempat, dan bahan penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2017 - November 2018 di lahan pembibitan kelapa sawit, Dusun Bendosari, Desa Madurejo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta. Bahan yang digunakan yaitu kecambah kelapa sawit varietas Avros yang berasal dari Pusat penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan, tanah latosol, pupuk Urea, SP-36, KCl, Kieserit dan kalsium sulfat ( $CaSO_4$ ) *pure analysis* (PA).

### Rancangan dan tahapan pelaksanaan penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan dua faktor perlakuan. Faktor perlakuan pertama yaitu tingkat cekaman kekeringan yang terdiri dari kapasitas lapang (FTSW 1.00), cekaman kekeringan moderat (FTSW 0.35) dan cekaman kekeringan berat (FTSW 0.15). Faktor perlakuan kedua yaitu dosis Ca yang terdiri dari empat taraf yaitu 0 g, 0.04 g (50%), 0.08 g (100%), dan 0.12 g (150%). Setiap kombinasi perlakuan terdiri dari tiga tanaman dengan tiga kali ulangan.

Penetapan tingkat cekaman kekeringan mengacu pada metode *Fraction of transpirable soil water* (FTSW). FTSW merupakan metode penghitungan kehilangan air pada tanaman akibat transpirasi (Ray and Sinclair 1998). FTSW 1.00 mengacu pada kondisi tanaman saat kapasitas lapang dan FTSW mendekati 0.0 menunjukkan kondisi tanaman pada titik layu permanen. Penentuan taraf FTSW dan kebutuhan Ca masing-masing bibit kelapa sawit didasarkan pada hasil penelitian pendahuluan. Bibit yang telah disiram jenuh air, dibiarkan mencapai kapasitas lapang (KL) yang ditandai dengan berhentinya air menetes dari polybag dan ditimbang sebagai bobot kapasitas lapang (BKL) atau berat polybag awal. Polybag dibungkus dengan kantong plastik putih dan disusun didalam rumah kaca, dibiarkan hingga bobotnya berkurang dan stabil selama tiga hari dan ditimbang sebagai bobot titik layu permanen (TLP). Bobot target polybag pada masing-masing tingkat FTSW ditentukan dengan menggunakan rumus (SMARTRI, 2014):

Bobot FTSW 1,00 = 1,00 (B<sub>KL</sub>-B<sub>TLP</sub>) + B<sub>TLP</sub>

Bobot FTSW 0,35 = 0,35 (B<sub>KL</sub>-B<sub>TLP</sub>) + B<sub>TLP</sub>

Bobot FTSW 0,15 = 0,15 (B<sub>KL</sub>-B<sub>TLP</sub>) + B<sub>TLP</sub>

Besarnya laju evapotranspirasi setiap tanaman pada hari tertentu (ke-*i*) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$FTSW = \frac{\text{bobot polibag pada hari ke } i - \text{bobot polibag pada hari terakhir}}{\text{berat polibag awal} - \text{berat polibag akhir}}$$

Taraf kalsium mengacu pada kebutuhan kalsium bibit yang didapatkan dari jumlah serapan Ca (g) dikali dengan efisiensi serapan Ca oleh tanaman (%). Efisiensi serapan hara pada bibit kelapa sawit adalah 60,76% (Ramadhaini et al. 2014). Dari hasil penelitian pendahuluan didapatkan rata-rata kebutuhan Ca bibit kelapa sawit umur 4 bulan yaitu 0,08 g.

Aplikasi kalsium dilakukan pada saat bibit berumur 4 bulan atau satu bulan setelah bibit dipindahkan ke pembibitan utama atau dua bulan sebelum perlakuan kekeringan dimulai. Cekaman kekeringan diberikan selama ± 4 minggu dimana 2 minggu digunakan untuk mencapai bobot target masing-masing polybag sesuai dengan tingkat kekeringannya sedangkan 2 minggu lagi untuk mempertahankan kondisi bibit pada masing-masing taraf perlakuan kekeringan.

Pengamatan karakter anatomi pelepah daun bibit kelapa sawit dilakukan setelah perlakuan cekaman kekeringan berakhir. Bagian pelepah bibit yang diambil sebagai sampel yaitu bagian tengah pelepah daun ketiga dari tajuk tanaman paling atas dari masing-masing kombinasi perlakuan. Spesimen pelepah disayat secara melintang dan dibuat menjadi preparat permanen dengan metode *non embedding* yang harus melewati beberapa proses seperti fiksasi, dehidrasi, dealkoholisasi dan infiltrasi. Pelepah difiksasi menggunakan alkohol 70%, kemudian dibuat irisan melintang dengan ketebalan 20-30 µm. Irisan tersebut kemudian direndam dan diwarnai menggunakan safranin 1% selama 24 jam. Setelah 24 jam, safranin kemudian dibuang dan diganti setiap sepuluh menit secara berturut-turut dengan alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 95%, alkohol 100%, alkohol/xilol 3:1, alkohol/xilol 1:1, alkohol/xilol 1:3 dan xilol. Preparat yang berisi sayatan melintang organ pelepah kemudian diamati menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 10x dan 40x dan didokumentasikan dengan *Optilab*. Ukuran panjang, lebar dan tebal atau diameter masing-masing sel dihitung

dengan aplikasi *Image ruster 2*. Karakter anatomi pelepah yang diamati yaitu sel epidermis, hypodermis, jaringan xylem dan floem.

### Analisis data

Data yang telah didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan Analisis Varian (ANOVA) dengan perangkat lunak SAS dengan tingkat kepercayaan 5%. Uji lanjut DMRT dilakukan apabila data memenuhi asumsi homogenitas dan normalitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelepah merupakan organ yang menghubungkan batang dan daun kelapa sawit. Cekaman kekeringan pada bibit kelapa sawit menyebabkan menurunnya tekanan turgor sel pelepah sehingga proses pembelahan dan pembesaran sel menjadi terganggu. Menurunnya kadar lengas tanah pada tingkat kekeringan moderat dan berat secara signifikan berpengaruh terhadap karakter anatomi pelepah bibit kelapa sawit baik jaringan epidermis, hypodermis maupun pembuluh pengangkut xylem dan floem.

### Panjang dan lebar jaringan epidermis pelepah

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh individual antara cekaman kekeringan dan taraf kalsium terhadap panjang dan lebar jaringan epidermis pelepah bibit kelapa sawit. Disaat bibit terekspos cekaman kekeringan moderat dan berat, panjang dan lebar sel epidermis menurun secara nyata dibandingkan pada kondisi kapasitas lapang. Penurunan tersebut merupakan bentuk adaptasi tanaman akibat semakin berkurangnya kadar lengas tanah. Berkurangnya kandungan air pada pelepah juga menurunkan potensial air dan turgiditas sel sehingga aktifitas pembesaran sel terhambat dan sel mengkerut serta ukuran selnya menyusut. Pengkerutan sel merupakan mekanisme yang dilakukan oleh jaringan epidermis dalam mengurangi pertukaran zat dan hilangnya air akibat proses transpirasi.

Tabel 1. Pengaruh cekaman kekeringan dan aplikasi kalsium terhadap panjang dan lebar jaringan epidermis pelepah bibit kelapa sawit

Perlakuan	Panjang epidermis ( $\mu\text{m}$ )	Lebar epidermis ( $\mu\text{m}$ )
Cekaman Kekeringan:		
Kapasitas lapang	10.15 <sup>a</sup>	10.29 <sup>a</sup>
Moderat	8.98 <sup>b</sup>	8.92 <sup>b</sup>
Berat	8.93 <sup>b</sup>	8.62 <sup>b</sup>
Kalsium:		
0.00 g	8.74 <sup>q</sup>	8.84 <sup>q</sup>
0.04 g	9.09 <sup>q</sup>	9.32 <sup>pq</sup>
0.08 g	9.66 <sup>p</sup>	9.69 <sup>p</sup>
0.12 g	9.93 <sup>p</sup>	9.24 <sup>pq</sup>
Interaksi	(-)	(-)
Koefisien keragaman (%):		
Kekeringan	3.80	5.94
Kalsium	5.92	5.74

Keterangan: *Superscript yang sama pada kolom yang sama tidak menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5% ( $p > 0,05$ ). Tanda (-) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antar faktor yang diuji.*

Sebaliknya, peningkatan taraf Ca cenderung meningkatkan panjang dan lebar sel epidermis pelepah bibit kelapa sawit secara nyata pada taraf Ca 0.08 g (Tabel 1). Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa kalsium berperan sebagai pektat di lamela tengah yang berfungsi untuk menguatkan dinding sel dan menjaga integritas struktural dinding sel tanaman (Easterwood 2002). Membran sel yang lebih stabil dapat mencegah terjadinya kebocoran larutan sel dan dapat meningkatkan resistensi bibit terhadap cekaman kekeringan. Ca juga sangat dibutuhkan untuk mengatur selektivitas penyerapan, penggabungan material di dalam dinding sel dan meningkatkan elastisitas/permeabilitas sel sehingga sel akan mengembang dan membesar.

### Tebal jaringan hypodermis

Peningkatan tingkat cekaman kekeringan ke tingkat moderat dan berat juga memberikan dampak secara individual terhadap penurunan ketebalan jaringan hypodermis pelepah bibit kelapa sawit. Tebal jaringan hypodermis menurun secara signifikan seiring dengan meningkatnya cekaman kekeringan ke tingkat cekaman moderat dan berat. Berbeda dengan pengaruh kekeringan, pemberian Ca hingga 0.12 g belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tebal jaringan hypodermis. Namun demikian, tebal hypodermis cenderung mengalami peningkatan hingga taraf Ca 0.08 g dan kembali menurun pada taraf Ca 0.12 g (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh kalsium terhadap tebal jaringan hypodermis pelepah bibit kelapa sawit tercekam kekeringan

Perlakuan	Tebal hypodermis ( $\mu\text{m}$ )
Cekaman Kekeringan:	
Kapasitas lapang	63.90 <sup>a</sup>
Moderat	51.63 <sup>b</sup>
Berat	45.18 <sup>c</sup>
Kalsium:	
0.00 g	50.42 <sup>P</sup>
0.04 g	53.31 <sup>P</sup>
0.08 g	56.80 <sup>P</sup>
0.12 g	53.74 <sup>P</sup>
Interaksi	(-)
Koefisien keragaman (%):	
Kekeringan	14.26
Kalsium	9.42

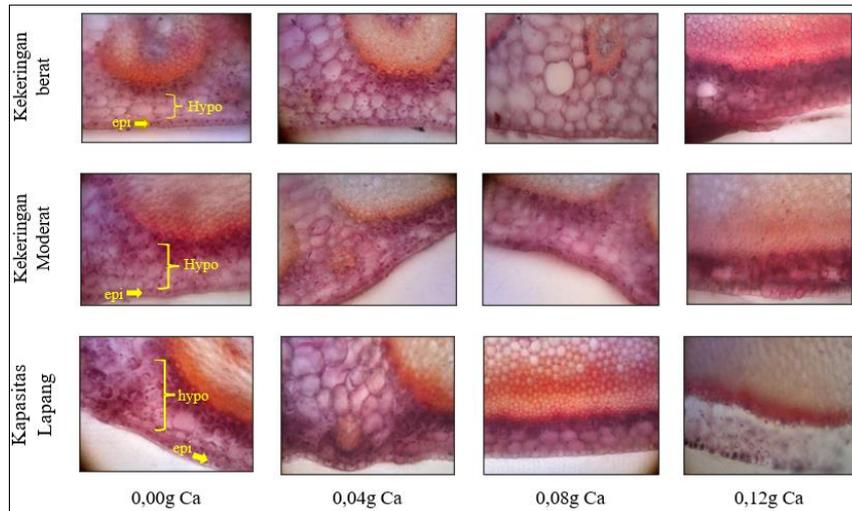
Keterangan: *Superscript yang sama pada kolom yang sama tidak menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5% ( $p > 0,05$ ). Tanda (-) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antar faktor yang diuji.*

Disaat terekspos cekaman kekeringan berat dan moderat, ukuran sel penyusun jaringan hypodermis semakin mengecil dan menipis (Gambar 1). Hal ini berdampak pada menurunnya kekuatan, fleksibilitas dan elastisitas pelepah daun sehingga kekuatan dan kekakuan (turgiditas) organ pelepah menjadi berkurang.

### Diameter jaringan xylem dan floem

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara perlakuan cekaman kekeringan dan taraf Ca terhadap diameter jaringan pengangkut pada pelepah daun.

Kecenderungan menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat cekaman kekeringan maka diameter xylem dan floem pelepah daun semakin menyempit. Diameter xylem mulai mengalami penurunan pada saat bibit terekspos cekaman kekeringan moderat dan menurun secara signifikan pada bibit terekspos cekaman kekeringan berat. Menurut (Fichot et al. 2009) dan (Kencana and Maryani 2022), menyempitnya pembuluh xylem secara nyata pada tanaman yang terekspos cekaman kekeringan berat mengindikasikan bahwa plastisitas jaringan xylem menjadi lebih rendah pada saat tercekam kekeringan.



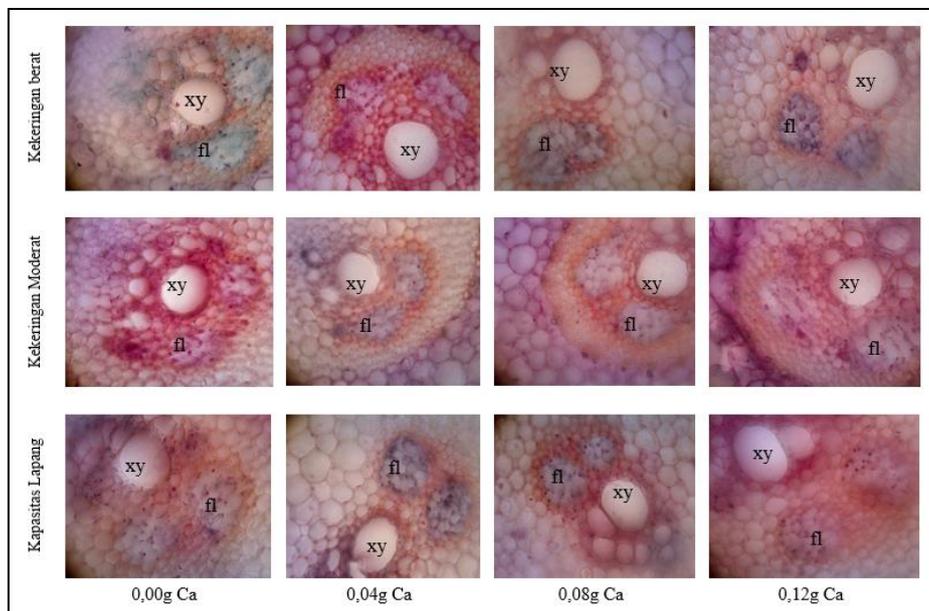
Gambar 1. Keragaan jaringan epidermis (epi) dan hypodermis (hypo) pelepah daun bibit kelapa sawit pada beberapa kombinasi perlakuan cekaman kekeringan dan aplikasi Ca pada pembesaran gambar 40x.

Tabel 3. Pengaruh kalsium terhadap diameter xylem dan floem pelepah bibit kelapa sawit tercekam kekeringan

Perlakuan	Diameter xylem ( $\mu\text{m}$ )	Diameter floem ( $\mu\text{m}$ )
Cekaman Kekeringan:		
Kapasitas lapang	56.71 a	10.75 a
Moderat	51.33 a	9.43 b
Berat	44.73 b	9.02 b
Kalsium (Ca):		
0.00 g	54.10 p	9.24 q
0.04 g	52.38 p	9.87 pq
0.08 g	50.23 p	10.16 p
0.12 g	46.97 p	9.67 pq
Interaksi	(-)	(-)
Koefisien keragaman (%):		
Kekeringan	13.86	7.95
Kalsium	13.66	7.63

Keterangan: Superscript yang sama pada kolom yang sama tidak menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5% ( $p > 0,05$ ). Tanda (-) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antar faktor yang diuji.

Pengaruh yang sama juga terlihat pada diameter floem bibit kelapa sawit. Terbatasnya kadar lengas tanah pada tingkat cekaman moderat dan berat menurunkan diameter floem secara nyata dibandingkan pada kondisi kapasitas lapang. Diameter floem semakin mengecil seiring dengan meningkatnya cekaman kekeringan ke tingkat berat, meskipun penurunan tersebut tidak berbeda nyata dengan diameter floem yang terekspos cekaman moderat (Gambar 2).



Gambar 2. Keragaan jaringan pembuluh xylem (xy) dan floem (fl) pelepah daun bibit kelapa sawit setelah terekspos cekaman kekeringan pada pembesaran gambar 40x.

Penyempitan pembuluh angkut melalui lignifikasi dan penebalan dinding sel merupakan mekanisme pertahanan tanaman dalam meminimalkan kehilangan air akibat transpirasi (Vasellati et al. 2001), mengoptimalkan penyerapan air pada kondisi tercekam kekeringan (Mostajeran and Rahimi-Eichi 2009) dan meningkatkan kemampuan jaringan dalam menjaga laju aliran air pada kondisi lengas tanah yang terbatas (Hacke et al. 2017), serta mencegah penurunan transport air melalui xylem pelepah ke daun karena adanya kavitasasi dan embolisme pada xylem (Kusumaningrum 2017). Terbatasnya suplai air ke daerah perakaran akan mengakibatkan terhambatnya proses penyerapan air oleh tanaman menjadi terhambat karena potensial air tanah lebih tinggi daripada potensial air di tubuh tanaman.

Berbeda dengan pengaruh cekaman kekeringan, pemberian Ca hingga taraf 0.12 g belum mampu meningkatkan diameter xylem pelepah daun secara nyata. Sebaliknya, peningkatan taraf Ca cenderung menurunkan diameter xylem pelepah. Sedangkan pemberian Ca 0.08 g mampu meningkatkan diameter floem secara nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan Ca. Hal ini erat kaitannya dengan peran Ca terutama dalam proses pemanjangan sel-sel floem. Meningkatnya diameter xylem dan floem berpotensi meningkatkan kemampuan tanaman dalam menstanspor air dan mineral dari batang ke daun serta memperlancar pendistribusian asimilat ke seluruh bagian tanaman sehingga bibit kelapa sawit lebih tahan terhadap cekaman kekeringan.

### KESIMPULAN

Cekaman kekeringan secara efektif mempengaruhi karakter anatomi pelepah daun bibit kelapa sawit. Tingkat cekaman moderat dan berat secara nyata menurunkan panjang dan lebar jaringan epidermis, tebal jaringan hypodermis serta diameter pembuluh floem dan xylem pelepah daun. Kalsium dalam meningkatkan kekompakan dan kekuatan struktural jaringan

pelepeh daun bibit kelapa sawit dapat diketahui dari peningkatan panjang dan lebar sel epidermis serta diameter floem jaringan pelepeh pada taraf Ca 0.08 g.

### KONFLIK KEPENTINGAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa tidak ada benturan kepentingan dengan pihak manapun terkait materi yang dibahas dalam makalah, pendanaan, dan perbedaan pendapat antar para penulis.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Beasiswa Pendidikan Indonesia Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (BPI LPDP) yang telah mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis. [place unknown]: Springer Netherlands; p. 57–70. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1299-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1299-6_8)
- Darlan NH. 2016. Effect of El Niño 2015 on Oil Palm Performance in Central and Southern Sumatra Oil palm plantation in high elevation View project Drought effects on oil palm plantation View project. Jurnal Tanah dan Iklim [Internet]. 40(2):35–42. <https://doi.org/10.2017/jti.v40i2.3146>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021. [place unknown]: Kementerian Pertanian.
- Dordas C. 2009. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). Ind Crops Prod. 29(2–3):599–608. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.11.004>
- Easterwood D. 2002. Calcium's Role in Plant Nutrition. Fluid Journal.
- Fichot R, Laurans F, Monclus R, Moreau A, Pilate G, Brignolas F. 2009. Xylem anatomy correlates with gas exchange, water-use efficiency and growth performance under contrasting water regimes: Evidence from *Populus deltoides* × *Populus nigra* hybrids. Tree Physiol. 29(12):1537–1549. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpp087>
- Hacke UG, Spicer R, Schreiber SG, Plavcová L. 2017. An ecophysiological and developmental perspective on variation in vessel diameter. Plant Cell Environ. 40(6):831–845. <https://doi.org/10.1111/pce.12777>
- Kencana RR, Maryani M. 2022. Pengaruh Cekaman Air pada Masa Penanaman terhadap Anatomi dan Fungsi Xilem serta Waktu Pajang Bunga Potong Kenikir (*Tagetes erecta* L.). Vegetalika. 11(2):93. <https://doi.org/10.22146/veg.71370>
- Kusumaningrum R. 2017. Peranan Xilem dan Floem dalam Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan. In: Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta 2017. [place unknown].
- Mostajeran A, Rahimi-Eichi V. 2009. Effects of Drought Stress on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars and Accumulation of Proline and Soluble Sugars in Sheath and Blades of Their Different Ages Leaves. J Agric & Environ Sci. 5(2):264–272.
- Naeem M, Khan MN, Khan MMA, Moinuddin M. 2013. Adverse effects of abiotic stresses on medicinal and aromatic plants and their alleviation by calcium. In: Plant Acclimation to

- Environmental Stress. [place unknown]: Springer New York; p. 101–146.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5001-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5001-6_5)
- Paterson RRM, Kumar L, Taylor S, Lima N. 2015. Future climate effects on suitability for growth of oil palms in Malaysia and Indonesia. *Sci Rep.* 5.  
<https://doi.org/10.1038/srep14457>
- Potters G, Pasternak TP, Guisez Y, Jansen MAK. 2009. Different stresses, similar morphogenic responses: Integrating a plethora of pathways. *Plant Cell Environ.* 32(2):158–169.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01908.x>
- Ramadhaini, Sudrajat, Ade E. 2014. Ramadani - Optimisasi dosis pupuk NPK. *Agronomi Indonesia.* 42(1):52–58.
- Ray JD, Sinclair TR. 1998. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *J Exp Bot* [Internet]. 49(325):1381–1386.  
<https://academic.oup.com/jxb/article/49/325/1381/506283>
- Song WY, Zhang Z Bin, Shao HB, Guo XL, Cao HX, Zhao H Bin, Fu ZY, Hu XJ. 2008. Relationship between calcium decoding elements and plant abiotic-stress resistance. *Int J Biol Sci.* 4(2):116–125. <https://doi.org/10.7150/ijbs.4.116>
- Vasellati V, Oesterheld M, Medan D, Loreti J. 2001. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. *Ann Bot.* 88(3):355–360.  
<https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1469>
- Wirianata H, Manu Rohmiyati S, Suprih Wijayani dan. 2017. Faktor Penyebab Patah Pangkal Pelepah pada Tanaman Kelapa Sawit. In: Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII ISBN 978-602-14020-5-4 Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pgris Semarang 26 Oktober 2017. [place unknown]: SNHP.