

Perubahan Struktur Pembuluh Xilem Akar Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan *Gliricidia sepium* pada Cekaman Kekeringan

Erma Prihastanti

Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA Undip

Abstract

Supply of water into leaves depends on the existence of water in xylem. Root system of plants will be affected first if the plants exposed to stress of water shortage. The structure of xylem vessels is an important factor in determining the presence of embolism induced by drought and varies from one type to another. Research on cocoa agroforestry tree *Gliricidia sepium* is used as cover crops. The purpose of this study was to analyze changes in the structure of xylem vessels including area ratio, diameter and hole diameter of cacao root xylem vessels and *G. Sepium* in drought conditions.

Drought stress on the cacao tree and *G.sepium* performed using EFT systems (throughfall displacement experiment), which runs from February 2007 - February 2008. Cacao tree used in this study was 5 years old, while 6-year-old *G.sepium* tree. Location of the experiment were divided into six plots comprising three control plots and three plots roofing. Each plot was taken six and three cacao trees *G.sepium* tree, where each tree root system was taken three pieces with diameters of 3-5 mm at 20 cm soil depth.

Research results showed that drought stress during 13 months did not affect xylem area ratio, diameter of xylem cells and xylem vessels, root diameter hole and *G.sepium* cocoa. However, structural information can be obtained from the root xylem of cocoa have a cell - more xylem cells and pore holes smaller than the root *G.sepium*. This is shown by the average ratio of the area with an overall area of the root xylem (k) on cocoa roots are ± 0.70 while in the root *G.sepium* ± 0.49 . Average diameter of the root xylem cells cocoa $\pm 1 \mu$ in diameter, length 50-10 μ \pm vessels and vessel diameter hole $\pm 0.25 \mu$. Meanwhile root xylem cells *G.sepium* shows average diameter of the root xylem cells is 1-3 μ , ± 15 -25 μ long vessels and vessels holes $\pm 0.5 \mu$ range.

Key words: xylem area ratio, diameter of the xylem, xylem vessel diameter hole, *Theobroma cacao* L. and *Gliricidia sepium*

Abstrak

Penyediaan air ke daun tergantung pada keberadaan kolom air pada xilem dari akar ke pucuk. Sistem perakaran tanaman akan terkena dampak pertama kalinya apabila tanaman terkena cekaman kekurangan air. Struktur pembuluh xilem merupakan faktor penting dalam penentuan keberadaan embolisme yang diinduksi oleh cekaman kekeringan dan bervariasi dari satu jenis ke jenis lainnya. Penelitian pada agroforestri kakao ini menggunakan pohon *Gliricidia sepium* sebagai tanaman pelindung. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa perubahan struktur pembuluh xilem yang meliputi rasio area, diameter serta diameter lubang pembuluh xilem akar tanaman kakao dan *G. Sepium* pada kondisi cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan pada pohon kakao dan *G.sepium* dilakukan dengan menggunakan sistem *TDE* (*throughfall displacement experiment*), yang berlangsung dari bulan Februari 2007- Februari 2008. Pohon kakao yang digunakan pada penelitian ini berumur 5 tahun, sedangkan pohon *G.sepium* berumur 6 tahun. Lokasi percobaan dibagi menjadi 6 plot yang terdiri 3 plot kontrol dan 3 plot roofing. Setiap plot diambil 6 pohon kakao dan 3 pohon *G.sepium*, dimana setiap pohon diambil 3 buah sistem perakaran yang berdiameter 3 – 5 mm pada kedalaman tanah 20 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan selama 13 bulan tidak berpengaruh terhadap rasio area xilem, diameter sel xilem dan diameter lubang pembuluh xilem akar kakao dan *G.sepium*. Namun demikian dapat diperoleh informasi struktur xilem akar kakao mempunyai sel – sel xilem lebih banyak dan lubang pori yang lebih kecil dibanding akar *G.sepium*. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata rasio area xilem dengan keseluruhan area

akar (k) pada akar kakao adalah $\pm 0,70$ sedangkan pada akar *G.sepium* $\pm 0,49$. Rata-rata diameter sel-sel xilem akar kakao berdiameter $\pm 1 \mu$, panjang pembuluh $\pm 5-10 \mu$ dan diameter lubang pembuluh $\pm 0,25 \mu$. Sementara itu sel-sel xilem akar *G.sepium* menunjukkan rata-rata diameter sel xilem akarnya adalah $1-3 \mu$, panjang pembuluh $\pm 15-25 \mu$ serta lubang pembuluh berkisar $\pm 0,5 \mu$.

Key words: rasio area xilem, diameter xilem, diameter lubang pembuluh xilem, *Theobroma cacao* L. dan *Gliricidia sepium*

PENDAHULUAN

Kemampuan tanaman untuk mengangkut air ke daun berhubungan dengan kelangsungan hidup tanaman. Penyediaan air ke daun tergantung pada keberadaan kolom air pada xilem dari akar ke pucuk. Apabila saluran tidak terisi air dalam waktu lama maka dapat menyebabkan tekanan hidrolis di dalam xilem menurun (Sperry and Pockman 1993). Karena jalur hidrolis ini dipengaruhi oleh tegangan selama transpirasi, akibatnya tanaman dapat mengalami embolisme apabila terjadi kekeringan (Tyree and Sperry 1989).

Kohesi, yaitu daya tarik menarik antar molekul sejenis dan daya inilah yang ikut berperan dalam pergerakan air dalam lintasan mulai dari tanah, melalui epidermis, korteks, dan endodermis, masuk ke jaringan pembuluh akar, naik melalui unsur xilem, masuk ke daun, dan akhirnya ke stomata untuk kemudian ditranspirasikan ke atmosfer. Struktur khusus lintasan ini (diameter kecil dan dinding tebal yang mencegah rebahnya tabung pembuluh), potensial osmotik yang rendah pada sel batang dan daun, serta kemampuan hidrasi dinding sel terutama di daun membuat sistem ini berfungsi (Cruiziat *et al.* 2002).

Struktur dari pembuluh xilem merupakan faktor penting pada penentuan keberadaan terjadinya kavitasasi yang diinduksi oleh stres air. Pembuluh xilem dikelilingi oleh membran dengan lubang-lubang kecil (*pit membrane*) yang menghubungkan dari pembuluh satu ke pembuluh lainnya. Membran dengan lubang kecil terbentuk oleh suatu dinding sel primer dan lamela tengah dari pembuluh yang membentuk struktur anyaman mikrofibril selulosa yang rapat, didalam suatu matrik hemiselulosa dan pektin polisakarida (Dicikson 2000). *Pit membrane* (lubang pori membran) berfungsi sebagai filter dan sebagai jalan masuknya nutrien, namun ketika lubang pori

terisi oleh gelembung udara, maka dapat memungkinkan masuknya patogen dan partikel yang berasal dari pembuluh xilem yang berdekatan (Crombie *et al.* 1985).

Embolisme adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung gas berupa uap air dan kemudian menjadi gelembung udara yang terperangkap dalam xilem dan hal ini akan membatasi aliran air yang melewatinya sehingga dapat menurunkan kapasitas tanaman untuk mengangkut air menuju kanopi. Kolom air dalam pipa tegak berukuran besar biasanya mudah membentuk rongga (Tyree *et al.* 1999). Pembuluh yang mengalami embolisme akan berada pada tekanan uap air 2,3 Kpa (pada tekanan absolut), dimana pembuluh fungsional yang berdekatan mengandung air dibawah tekanan itu. Gelembung gas akan ditangkap pada lubang pori membran sampai perbedaan tekanan antara pembuluh menjadi cukup besar untuk suatu gelembung kecil dilepas melalui suatu pori atau lubang menuju pembuluh fungsional dimana memungkinkan menyebabkan terjadinya kavitasasi baru (Choat *et al.* 2003).

Embolisme terjadi saat tegangan air xilem naik melalui kenaikan transpirasi atau tanah yang kering. Keberadaan embolisme umum terjadi pada kondisi alami, hal ini bisa diketahui dan dihitung dengan berbagai macam metode eksperimen, di antara dengan metode dari Sperry *et al.* (1988). Embolisme yang ekstrim selain dapat menghambat aliran air dalam kolom itu, juga dapat menyebabkan kematian tajuk, cabang bahkan seluruh tanaman (Tyree *et al.* 1999).

Pada umumnya tanaman kakao ditanam pada sistem agroforestri dengan beberapa pohon pelindung seperti *Gliricidia sepium*, kelapa (*Cocos sp.*), kaliandra, dan lain-lain. Selama ini belum banyak informasi tentang fungsi pohon pelindung khususnya dalam penyediaan air bagi tanaman

kakao pada saat kondisi lingkungan mengalami cekaman kekeringan. Pohon *G.sepium* merupakan tanaman pelindung paling dominan pada agroforestri kakao ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa perubahan struktur pembuluh xilem yang meliputi rasio area, diameter serata diameter lubang pembuluh xilem akar tanaman kakao dan *G. Sepium* pada kondisi cekaman kekeringan selama 13 bulan. Dengan pengetahuan tentang struktur pembuluh diharapkan dapat melengkapi informasi dasar tentang aliran/kebutuhan air pada kedua pohon tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Desa O'o, Kecamatan Kulawi Selatan, Kabupaten Donggala yang merupakan daerah di sekitar kawasan Taman Nasional Lore Lindu, Propinsi Sulawesi Tengah, dengan ketinggian 585 m di atas permukaan laut, serta koordinat 1.5524° Lintang Utara dan 120.0206° Bujur Timur.

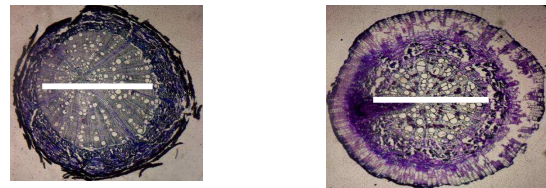
Cekaman kekeringan pada pohon kakao dan *G.sepium* dengan menggunakan sistem *TDE* (*throughfall displacement experiment*), yang berlangsung bulan Desember 2006-Februari 2008. Kurang lebih satu hektare area kebun kakao dengan kemiringan tanah 8-12°, dibagi menjadi enam plot, sehingga masing-masing plot berukuran 35 m x 40 m. Selanjutnya secara acak ditentukan tiga plot sebagai kontrol (plot *non roofing*), dan tiga plot ditetapkan sebagai plot *roofing*. Pengamatan selama periode *roofing* dilakukan setelah 5-7 bulan dan 13 bulan *roofing*.

Pohon kakao yang digunakan pada penelitian ini berumur 5 tahun, sedangkan pohon *G.sepium* berumur 6 tahun. Setiap plot diambil 6 pohon kakao dan 3 pohon *G.sepium*. Setiap pohon diambil 3 buah sistem perakaran dengan diameter 3 – 5 mm pada kedalaman 20 cm. Selanjutnya sampel akar kakao dan *G.sepium* dibuat preparat permanen. Pengamatan struktur pembuluh xilem meliputi rasio area, diameter serata diameter lubang pembuluh xilem akar.

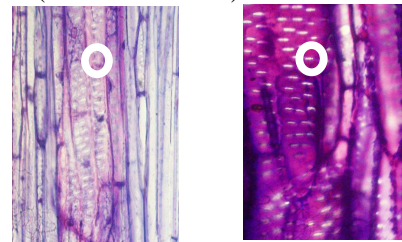
HASIL DAN PEMBAHASAN

Cekaman kekeringan pada akar kakao dan *G.sepium* ternyata belum menyebabkan perubahan pada anatomi akarnya. Pengamatan anatomi akar kakao sebelum dan setelah *roofing* dari akar yang

berasal dari plot *roofing* maupun kontrol tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan anatomi akar kakao dan *G. sepium* menunjukkan rata-rata rasio area xilem dengan keseluruhan area akar (**k**) pada akar kakao adalah $\pm 0,70$ sedangkan pada akar *G.sepium* $\pm 0,49$ (Gambar 1). Nilai **k** yang lebih tinggi menunjukkan akar kakao mempunyai sel-sel xilem yang lebih banyak dari akar *G. Sepium*.



Gambar 1 Jaringan xilem pada stele (garis putih) akar kakao (kiri) dan *G. sepium* (kanan) (Perbesaran 4 x 10).



Gambar 2 Lubang pembuluh membran pada xilem (tanda lingkaran putih) akar kakao (a) dan *G. sepium* (b) (Perbesaran 40 x 10)

Akar kakao dan *G. Sepium* yang didapatkan selama penelitian mempunyai diameter 2,76 - 5,35 mm. Akar berdiameter sama belum tentu mempunyai nilai *hydraulic conductance* dan persentase embolisme yang sama (Prihastanti, dkk. 2009). Hasil penelitian ini mendukung pendapat Pammenter and Vander Willigen (1998) yang menyatakan bahwa diameter akar tidak selalu menunjukkan diameter xilem. Ukuran xilem lebih ditentukan oleh umur pohon, kemampuan akar dan diameter trakeid. Diameter xilem yang lebih kecil lebih efisien daripada diameter xilem yang lebih besar. Steudle (2000) menyatakan bahwa perubahan pada *hydraulic conductivity* akar juga ditentukan oleh perkembangan dan umur tanaman.

Pengamatan terhadap diameter sel-sel xilem akar kakao menunjukkan rata-rata sel-sel xilemnya berdiameter $\pm 1 \mu$. Panjang pembuluh xilem akar kakao adalah $\pm 5-10 \mu$ dan diameter lubang

pembuluh berkisar $\pm 0,25 \mu$ (Gambar 2a). Sementara itu sel-sel xilem akar *G.sepium* (n=12) menunjukkan rata-rata diameter sel xilem akar adalah 1-3 μ , panjang pembuluh $\pm 15-25 \mu$ serta lubang pembuluh berkisar $\pm 0,5 \mu$ (Gambar 2b). Xilem akar kakao mempunyai diameter lubang pori lebih kecil dari akar *G.sepium*. Kenyataan ini mendukung fakta bahwa nilai *hydraulic conductance* pada akar kakao lebih rendah dari akar *G.sepium* (Prihastanti, dkk. 2009). Sifat mudah terjadi embolisme dapat sangat berbeda diantara spesies yang berbeda. Penelitian menunjukkan bahwa embolisme dapat diperbaiki pada beberapa spesies. Pada proses ini, air ditekan kembali masuk ke dalam saluran yang sudah terisi gas, namun mekanisme dari pengisian saluran yang mengalami embolisme belum banyak diketahui dan masih dalam perdebatan (Holtaa 2005).

Struktur xilem dengan lubang pori yang kecil sangat bermanfaat karena lebih tahan terhadap kekeringan dari pada lubang pori besar. Struktur xilem dengan lubang pori yang kecil pada tanaman kakao hanya mampu mensuplai air sedikit, nampaknya sifat ini merupakan strategi adaptasi tanaman kakao yang kebanyakan akarnya berada pada lapisan tanah atas, dimana pada lapisan ini kandungan air tanahnya mudah sekali mengalami penurunan.

KESIMPULAN

Cekaman kekeringan tidak berpengaruh terhadap rasio area xilem, diameter sel xilem dan diameter lubang pembuluh xilem akar kakao dan *G.sepium*. Namun demikian dapat diperoleh informasi struktur xilem akar kakao mempunyai sel – sel xilem lebih banyak dan lubang pori yang lebih kecil dibanding akar *G.sepium*. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata rasio area xilem dengan keseluruhan area akar (k) pada akar kakao adalah $\pm 0,70$ sedangkan pada akar *G.sepium* $\pm 0,49$. Rata-rata diameter sel-sel xilem akar kakao berdiameter $\pm 1 \mu$, panjang pembuluh $\pm 5-10 \mu$ dan diameter lubang pembuluh $\pm 0,25 \mu$. Sementara itu sel-sel xilem akar *G.sepium* menunjukkan rata-rata diameter sel xilem akarnya adalah 1-3 μ , panjang pembuluh $\pm 15-25 \mu$ serta lubang pembuluh berkisar $\pm 0,5 \mu$.

DAFTAR PUSTAKA

- Choat B, M Ball, J Lully and J Holtum. 2003. Pit membrane porosity and water stress-induced cavitation in four co-existing dry rainforest tree. *Species* Vol.131. pp. 41-48.
- Crombie D S, Hipkins M F, Milburn J A. 1985. Gas penetration of pit membranes in the xylem of *Rhododendron* as the cause of acoustically detected sap cavitation. *Aust J Plant Physiol.* 12:445-453
- Cruiziat P, Cochard H and Améglio T. 2002. Hydraulic architecture of trees : Main concepts and results. *Ann. For. Sci.*
- Dickson R E . 1989. Carbon and nitrogen allocation in trees. In:Dreyer E, Aussenac G, Bonnett-Masimbert M, Dizengremel P, Favre J M, Garrec J P, Le Tacon F, Martin F (eds) Forest tree physiology. Annual Science Forum 46(suppl.). Elsevier/INRA, Paris, pp 631s–647s.
- Holtaa T. 2005. Dynamics of water and solute transport in trees. Academic Dissertation Division at Atmospheric Sciences. Departement of physical sciences. Faculty of sciences University of Helsinki. Helsinki Finland.
- Pammenter N W, Vander Willigen C. 1998. A mathematical and statistical analysis of the curves illustrating vulnerability of xylem to cavitation. *Tree Physiol.* 18: 589.
- Prihastanti, E., Soekisman T, D Soepandie dan Qayim I. Pengukuran Nilai Hydraulic Conductance dan Persentase Embolisme pada Xilem Akar Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan *Gliricidia sepium*. *Jurnal Sains&Matematika*, vol. 17:4 , 225-230.
- Sperry J S and Pockman W T. 1993. Limitation of transpiration by hydraulic conductance on stomatal conductance and xylem cavitation in *Betula occidentalis*. *Plant, Cell and Environmental Botany* 44, 1075-1082.
- Sperry J S, Donnelly J R, Tyree M T. 1988. A Method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. *J. Plant, Cell and Environment* 11:35-40.
- Steudle E. 2000. Water uptake by plant roots: an integration of views. *Plant and Soil* 226: 45–56,

Tyree M T and Sperry J S. 1989. Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. *Annu rev. J. Plant Physiol. Mol Biol.* 40:19-36.

Tyree M T, Salleo S, Nardini A, Lo Gullo M A, Mosca R. 1999. Refilling of embolized

vessels in young stems of laurel. Do we need a new paradigm?. *Plant Physiology.* 82, 597–599.