

HYDRAULIC LIFT DAN DINAMIKA LENGAS TANAH HARIAN PADA PERTANAMAN JAMBU METE

Hydraulic lift and dynamics of daily soil moisture on cashew

Joko Pitono¹⁾, Nur Maslahah¹⁾, Setiawan¹⁾, Redy Aditya Permadi¹⁾, Suciantini²⁾, dan Tri Nandar²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

Telp 0251-8321879 Faks 0251-8327010

balittro@litbang.pertanian.go.id

jokopitono@litbang.kemtan.go.id; pitono2014@gmail.com

²⁾ Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

Jalan Tentara Pelajar No. 1, Bogor 16111

(diterima 20 Maret 2016, direvisi 15 Juli 2016, disetujui 05 September 2016)

ABSTRAK

Produktivitas lahan kering dapat ditingkatkan bila periode ketersediaan lengas tanah pada musim kering dapat diperpanjang. *Hydraulic lift* sebagai proses redistribusi air tanah dari lapisan bawah yang lebih lembab ke lapisan dangkal yang cepat mengering oleh aktivitas akar tanaman, merupakan aspek ekologis yang layak diperhitungkan dalam mengelola tata air di lahan kering. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kemampuan *hydraulic lift* tanaman jambu mete yang diindikasikan oleh nilai recovery lengas tanah harian (RLTH) pasca kehilangan lengas tanah oleh aktivitas evapotranspirasi pada siang hari. Penelitian dilakukan pada area terbuka berdampingan dengan blok koleksi jambu mete umur 20 tahun di Kebun Percobaan Cikampek, Jawa Barat. Penilaian RLTH dilakukan pada radius 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5 kali jari-jari kanopi dari pangkal jambu mete sebagai faktor perlakuan tunggal yang disusun dalam rancangan acak kelompok, enam ulangan. Hasil penelitian menunjukkan nilai RLTH jambu mete selalu positif dan lebih besar dari 0,010 MPa sebagai nilai ambang minimal suatu tanaman dinyatakan memiliki kemampuan *hydraulic lift*. Nilai rata-rata RLTH pada kedalaman tanah 25-75 cm tidak berbeda nyata diantara posisi dari pangkal jambu mete, dan mencapai sekitar 0,25-0,28% (w/w) atau setara 0,043-0,048 MPa. Berdasarkan nilai RLTH, hasil perhitungan volumetrik penambahan air tanah harian pada blok jambu mete mencapai kisaran 0,26-1,35 l air m⁻². Status lengas tanah terdeteksi masih berada pada kisaran 40-60% air tersedia, kecuali untuk perlakuan 1,0 kali jari-jari kanopi. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah tanaman jambu mete terbukti memiliki kemampuan *hydraulic lift*, dan mengindikasikan turut berkontribusi memelihara kelengasan tanah pada musim kering.

Kata kunci: *Anacardium occidentale*, *hydraulic lift*, recovery lengas tanah harian

ABSTRACT

Dry land productivity can be improved if available soil moisture period in dry season can be extended. Hydraulic lift is the redistribution of soil water from more humid deep layer to shallow layer which dries quickly due to root activities, is an ecological aspect needs to be considered in water management in the dry land. The objective of this study was to evaluate hydraulic lift ability of cashew indicated by daily soil moisture recovery (RLTH) after moisture loss by evapotranspiration. The study was conducted in open area adjacent to 20 years old cashew plantation at the Cikampek Research Station. The RLTH was evaluated at the position of 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 times the radius of the cashew canopy base as a single treatment factor, which was arranged in randomized block design with six replications. The RLTH was always positive and higher than 0.010 MPa as a minimum threshold for recovery value for hydraulic lift ability of crops. The average value of RLTH at 25-75 cm soil depth was not significantly varied among the treatments, around 0.25-0.28% (w/w) or equaled to 0.043-0.048 MPa. Based on the RLTH values, the daily volumetric water addition at cashew plantation reached about 0.26 – 1.03 l water m⁻². At the end of this study, the soil moisture status was still detected in the range of 40-60% of available soil water except for 1.0 treatment. It could be concluded that cashew had the hydraulic lift ability and contributed to maintain soil moisture in the dry season.

Key words: *Anacardium occidentale*, *hydraulic lift*, daily recovery of soil moisture

PENDAHULUAN

Kendala utama budidaya pertanian pada lahan kering adalah terbatasnya ruang dan waktu untuk memanfaatkan sumberdaya air setempat. Meskipun kumulatif curah hujan per tahun pada umumnya cukup memadai, namun karena distribusi kejadian hujan mengumpul pada musim hujan yang pendek menyebabkan kesempatan budidaya tanaman menjadi terbatas. Upaya mengatasi dilema sumberdaya air tersebut umumnya dilakukan melalui 1) penampungan air limpasan hujan dalam bangunan tandon air, embung, dan waduk, selanjutnya menyalurkannya saat diperlukan; 2) mempertahankan lengas tanah dengan pemberian mulsa untuk menekan kehilangan air dari evaporasi permukaan tanah, 3) meningkatkan kapasitas simpan air tanah melalui penambahan bahan organik, 4) mengoptimalkan keseimbangan tingkat ketersediaan dan konsumsi air tanaman melalui pengaturan jenis dan pola tanamnya, dan 5) penggunaan mikroorganisme tertentu yang dapat meningkatkan kemampuan tanaman mengambil air tanah pada musim kering (Abdurachman 2008; Idjudin dan Marwanto 2008; Pitono 2014). Selain melalui pendekatan tersebut, terdapat beberapa spesies tanaman yang mampu bertahan pada kondisi kekeringan ekstrim karena memiliki perakaran yang dapat menjangkau air tanah dalam, juga mengangkat dan mendistribusikan air tanah dari lapisan dalam tersebut ke lapisan tanah di permukaan yang cepat mengering. Fenomena ini disebut sebagai *hydraulic lift* (Bleby *et al.* 2010; Caldwell *et al.* 1998; David *et al.* 2013; Evaristo *et al.* 2015; Prieto *et al.* 2011; Richards dan Caldwell 1987; Rocha *et al.* 2014).

Mekanisme *hydraulic lift* dianggap sebagai proses transportasi air secara pasif pada sistem perakaran tanaman (Richards dan Caldwell 1987). Beberapa studi pada skala laboratorium dan lapangan setidaknya tercatat ada 30 spesies dan varietas yang memiliki kemampuan *hydraulic lift* (Caldwell *et al.* 1998). Lebih lanjut, pengamatan di lapangan membuktikan adanya kecocokan nilai

hydraulic lift yang diukur secara akurat di laboratorium (Caldwell *et al.* 1998).

Volume air tanah yang terangkat ke lapisan permukaan atas yang lebih kering dalam proses *hydraulic lift* cukup besar pada setiap malamnya. Diperkirakan *hydraulic lift* dapat mengangkat dari kisaran 14% kebutuhan air untuk evapotranspirasi harian (Wan *et al.* 1993) menjadi sekitar 33% (Richards dan Caldwell 1987), dan pada beberapa kasus dapat mencapai 100% (Kurz-Besson *et al.* 2006; Warren *et al.* 2007). Hasil penelitian lapang pada tanaman akasia (*Acacia Tortilis*) yang tumbuh pada habitat sangat kering di Afrika, menyebutkan bahwa proses *hydraulic lift* tanaman tersebut mampu mengangkat 70-235 l air setiap malamnya (Ludwig *et al.* 2003). Lebih lanjut, hasil studi lainnya juga menginformasikan bahwa air tanah yang terangkat ke lapisan permukaan oleh proses *hydraulic lift* tersebut juga dapat dimanfaatkan dengan baik oleh jenis tanaman lain yang tumbuh di sekitarnya (Hirota *et al.* 2004; Sekiya dan Yano 2004). Bukti empiris dari hasil studi lapangan fungsi *hydraulic lift* tanaman seperti ini, memungkinkan dilakukan pengaturan transfer air antar jenis tanaman secara simultan melalui pemilihan jenis tanaman dan desain tumpangsari sesuai dengan model pertanian yang akan dikembangkan.

Jambu mete dengan karakteristik perakaran yang ekstensif dapat menjangkau air tanah di lapisan bawah, sehingga tetap dapat memenuhi kebutuhan airnya dengan baik sekalipun pada musim kering. Hal ini menyebabkan tanaman jambu mete sangat toleran terhadap kekeringan dan berkembang baik di lahan kering wilayah Timur Indonesia. Meskipun demikian, sejauh ini belum ada yang melaporkan tentang kemampuan *hydraulic lift* pada tanaman jambu mete. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi apakah tanaman jambu mete memiliki kemampuan *hydraulic lift* yang diindikasikan oleh nilai recovery lengas tanah harian (RLTH) pasca penurunannya oleh proses evapotranspirasi di siang hari. Informasi ini penting untuk mengetahui apakah

kemampuan *hydraulic lift* tersebut berkontribusi pada pemeliharaan lengas tanah di musim kering.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Cikampek, Jawa Barat pada musim kering antara Juli sampai Agustus 2015. Lokasi untuk mendeteksi *hydraulic lift* adalah pada lahan terbuka seluas 150 m² yang berdampingan dengan blok pertanaman jambu mete umur 20 tahun.

Iklim mikro

Unsur iklim mikro yang meliputi curah hujan, suhu udara, dan kelembapan udara relatif diperlukan untuk menggambarkan kondisi atmosfer mikro di lokasi penelitian. Curah hujan diamati secara langsung di KP Cikampek menggunakan alat observatorium standar BMKG, sementara untuk data suhu udara dan kelembapan udara relatif mengacu pada hasil rekaman *Automatic Weather Station (AWS)* yang ada di BB Padi, Sukamandi.

Rancangan perlakuan

Recovery lengas tanah harian (RLTH) pasca penurunannya oleh aktivitas evapotranspirasi pada siang hari digunakan sebagai indikator utama untuk mengevaluasi kemampuan *hydraulic lift* tanaman jambu mete. Variasi posisi dari pangkal tanaman jambu mete (P) diduga menentukan nilai RLTH dan menjadi perlakuan tunggal yang diuji dengan susunan sebagai berikut:

P₁ = posisi 1.0 kali jari-jari kanopi.

P₂ = posisi 1.5 kali jari-jari kanopi.

P₃ = posisi 2.0 kali jari-jari kanopi.

P₄ = posisi 2.5 kali jari-jari kanopi.

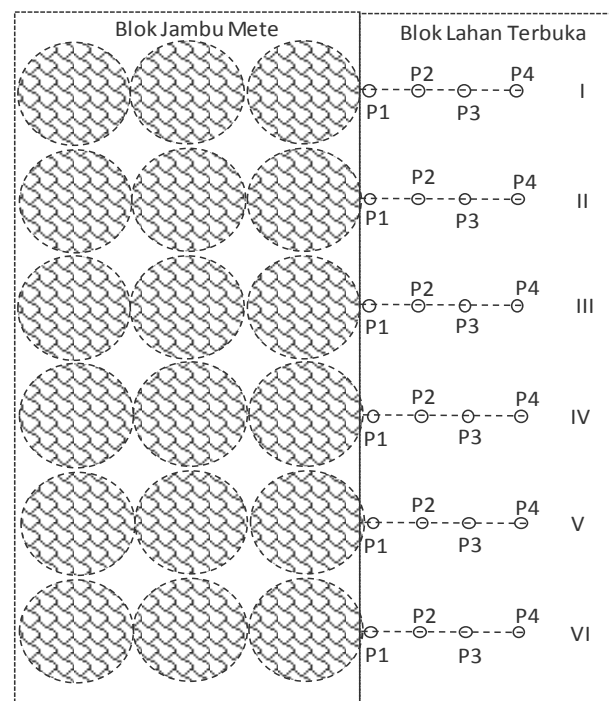
Keseluruhan perlakuan tersebut disusun dalam rancangan acak kelompok 6 (enam) ulangan dengan tata letak seperti pada Gambar 1.

Deteksi lengas tanah

Dinamika lengas tanah pada setiap unit perlakuan dimonitor dengan menggunakan dua sensor probe lengas tanah yang dipasang pada

kedalaman 25 cm dan 75 cm dari permukaan tanah dan dihubungkan ke unit data logger (GRAPHTECH midi LOGGER GL-820). Alasan penetapan profil kedalaman tersebut karena merupakan zonasi perakaran tanaman semusim seperti kacang-kacangan, jagung, dan padi gogo atau tanaman tahunan kopi robusta yang dapat digunakan sebagai *cash crops* pada pertanaman jambu mete.

Sensor probe lengas tanah dirakit dari bahan stainless berbentuk 2 buah silinder pejal dengan panjang 12 cm dan diameter 4 mm. Guna memudahkan instalasi di lapangan, pada bagian ujung sensor dibentuk meruncing dengan sudut 30°. Bagian pangkal sensor dimasukkan ke dalam potongan pipa PVC (tinggi 3,0 cm, diameter 3,8 cm) dan dihubungkan dengan kabel berbahan tembaga. Agar stabil, bagian pangkal sensor dicor dengan cairan resin, sehingga penampilan akhir-



Gambar 1. Denah penelitian di lapangan terdiri atas blok pertanaman jambu mete (sisi kiri) dan lokasi evaluasi *hydraulic lift* di blok lahan terbuka (sisi kanan).

Figure 1. Layout of research in the field consisted of block of cashew plantation (left side) and the location of the evaluation of *hydraulic lift* in a block of open land (the right side).

nya berupa sensor probe dengan dua kaki stainless sepanjang 7,5 cm dengan jarak antar kaki 2,0 cm. Untuk membangkitkan data, sensor probe tersebut dihubungkan ke modul *converter open source* yang bekerja pada basis *chip comparator LM393* dan catu daya 3,3-5,0 volt dengan fungsi merubah sinyal *electric resistance* yang ditimbulkan oleh partikel tanah diantara kedua kaki *sensor probe* menjadi sinyal tegangan listrik dengan nilai antara 0,0-5,0 volt. Selanjutnya, sinyal perubahan tegangan listrik yang dihasilkan *sensor probe* tersebut secara periodik dicatat oleh unit data logger setiap 30 menit sekali. Sebelum digunakan di lapangan, setiap unit *sensor probe* dikalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan persamaan regresi yang menghubungkan nilai tegangan listrik dengan nilai riil lengas tanah. Untuk menjamin akurasi hasil pengukuran, pada penelitian ini hanya menggunakan unit *sensor probe* yang memiliki koefisien korelasi di atas 0,90.

Recovery lengas tanah harian (RLTH)

Serial data lengas tanah yang direkam oleh data logger sepanjang penelitian digunakan untuk menetapkan nilai RLTH. Nilai RLTH diperoleh dari selisih status lengas tanah maksimum dengan lengas tanah minimum pada hari yang sama, dan dinyatakan dalam % (w/w). Nilai RLTH tersebut dapat dikonversi ke satuan volumetrik lengas tanah (% v/v) dengan cara mengalikan nilai gravimetrik lengas tanah (% w/w) dengan nilai Bulk Density tanah lokasi penelitian. Untuk penetapan kemampuan *hydraulic lift*, nilai RLTH (% v/v) dikonversi lagi dalam satuan MPa menggunakan kurva pF tanah spesifik lokasi penelitian. Bila RLTH jambu mete >0,010 MPa, maka berdasarkan ketentuan Mallikin dan Bledsoe (2000), dinyatakan memiliki kemampuan *hydraulic lift*.

Sifat fisika tanah

Sifat penting fisika tanah seperti *bulk density*, tekstur, kadar air volumetrik pada level kapasitas lapang dan titik layu permanen, persen air tersedia, dan sifat penting lainnya dianalisis di Laboratorium Fisika Tanah, Balai Penelitian Tanah,

Badan Litbang Pertanian. Sampel tanah diambil pada 4 (empat) titik yang mewakili lokasi penelitian pada profil kedalaman antara 25-35 cm dari permukaan tanah.

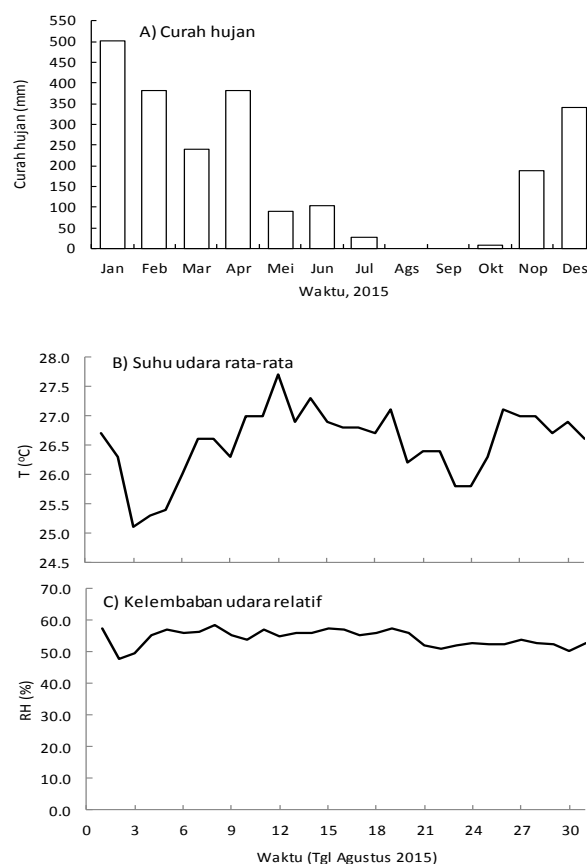
Data dan analisis statistik

Seluruh parameter pengamatan dianalisis menggunakan program SAS untuk menentukan nilai Anova. Bila ditemukan perbedaan yang nyata pada taraf <0,5% dilanjutkan dengan uji Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi iklim mikro

Musim kering di lokasi penelitian yang tegas dengan enam bulan kering (bercurah hujan <100 mm) cukup mewakili untuk pelaksanaan evaluasi *hydraulic lift* (Gambar 2). Sementara



Gambar 2. Rata-rata curah hujan (A), suhu udara (B), dan kelembaban udara relatif (C) di lokasi penelitian.
 Figure 2. Mean of precipitation (A), air temperature (B), and relative humidity (C) at the research sites.

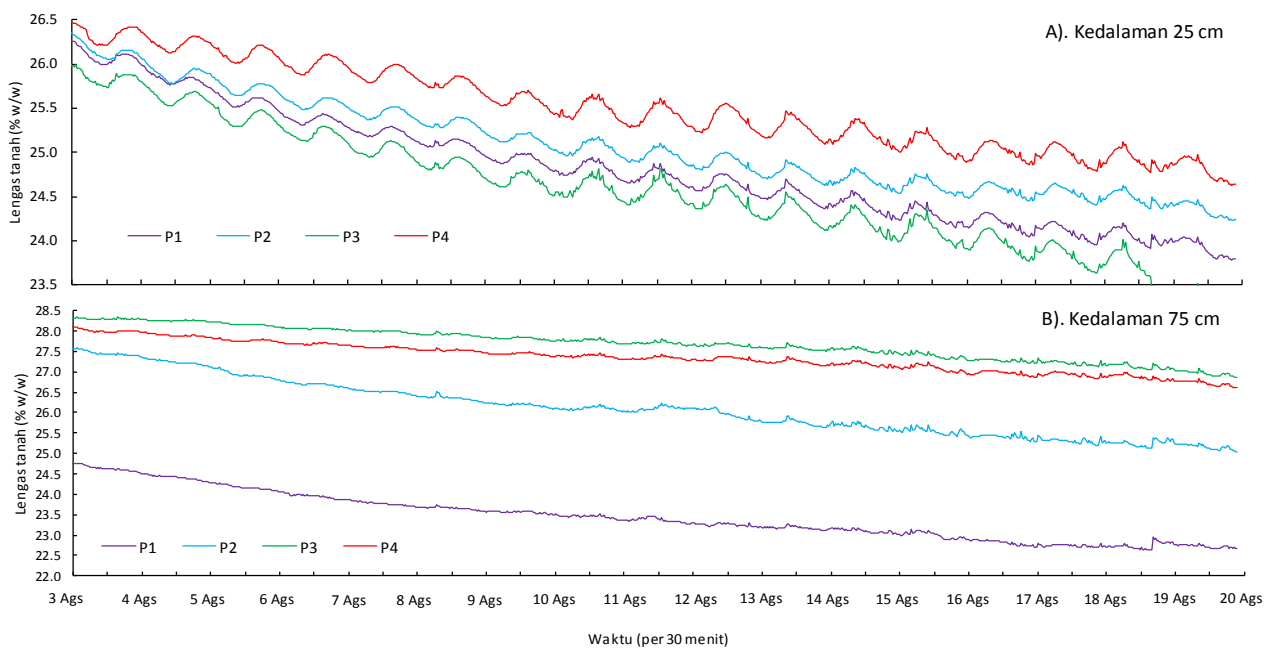
pantauan suhu udara dan kelembapan relatif saat penelitian secara berturut-turut adalah berkisar 25-28°C dan 50-60%. Sebagai perbandingan, studi lain dengan kondisi lingkungan savana tropis USA dan Brasil dengan 4-5 bulan kering dan suhu udara rata-rata 17-22°C (Meinzer et al. 2004), hingga di lingkungan pertanian Afrika Selatan yang ekstrim kering dengan curah hujan 135 mm tahun⁻¹ dan suhu rata-rata tahunan 19°C (Matimati et al. 2014), juga berhasil mendeteksi fenomena *hydraulic redistribution* pada tanaman *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Cerrado* sp. dan *Aspalathus linearis*.

Dinamika lengas tanah

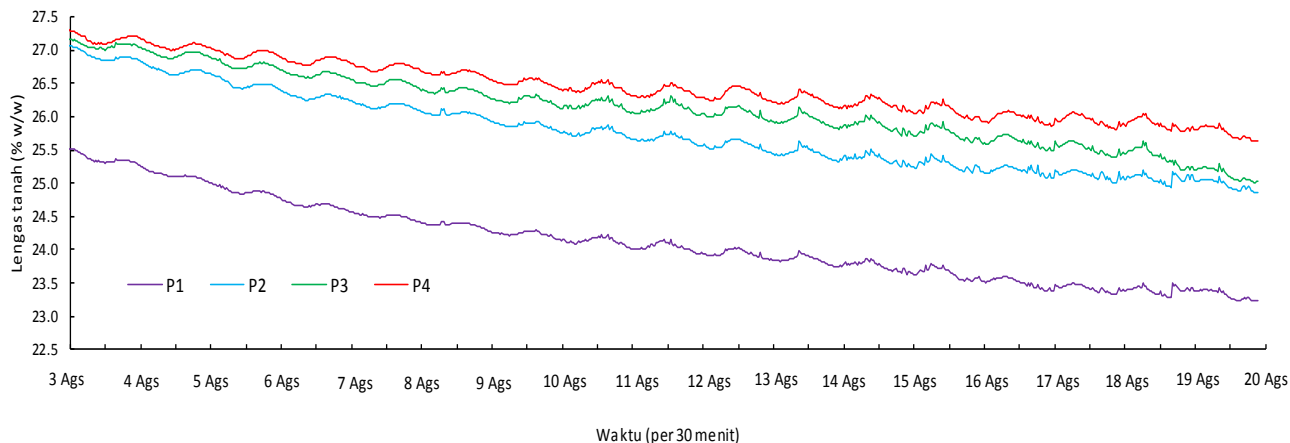
Rekam data lengas tanah sepanjang penelitian ini memperlihatkan adanya siklus perubahan lengas tanah harian baik pada profil kedalaman tanah 25 cm maupun 75 cm (Gambar 3). Lengas tanah menurun secara gradual pada siang hari dan naik kembali setelahnya. Berdasarkan posisinya dari pangkal jambu mete, status tanah bervariasi menurut profil kedalaman tanahnya. Namun untuk nilai rata-rata status lengas tanah diantara profil kedalaman 25-75 cm,

menunjukkan bahwa nilai lengas tanah pada posisi terdekat dengan pangkal jambu mete (P₁) nyata lebih rendah dibandingkan nilai lengas tanah di tiga posisi lainnya (Gambar 4). Kondisi ini diduga terkait dengan fenomena bahwa transpirasi yang rendah pada periode malam hari turut berperan meningkatkan potensial air jaringan tanaman dan mendistribusikan air ke jaringan yang masih rendah potensial airnya, termasuk ke jaringan akar yang berada di lapisan tanah atas yang telah mengering (Bauerle et al. 2008; Neumann dan Gardon 2012; Snyder et al. 2008). Pada spesies dan kondisi tertentu, tingginya potensial air di jaringan akar tersebut dapat membasahi kembali partikel tanah di lapisan atas yang tingkat ke-lengasan sebelumnya telah menurun akibat proses evapotranspirasi (Liste dan White 2008; Prieto et al. 2012).

Mengingat sepanjang periode penelitian ini tidak ada penambahan input air dari luar baik berupa air hujan maupun air irigasi, maka fenomena kenaikan status lengas tanah yang terjadi di pertanaman jambu mete diduga kuat merupakan bagian dari proses pembasahan partikel tanah oleh aktivitas jaringan akar jambu



Gambar 3. Dinamika lengas tanah pada kedalaman 25 cm (A) dan 75 cm (B) di KP. Cikampek.
 Figure 3. Dynamics of soil moisture at the depth of 25 cm (A) and 75 cm (B) at Cikampek Experimental Station.

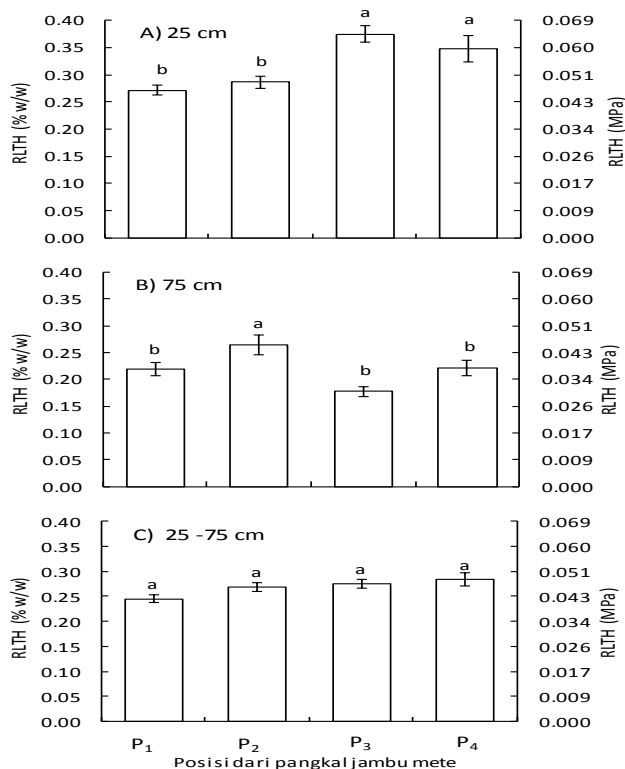


Gambar 4. Dinamika lengas tanah rata-rata pada kedalaman 25 -75 cm di KP. Cikampek.
 Figure 4. Dynamics of average soil moisture at the depth of 25 -75 cm at Cikampek Experimental Station

mete yang telah mengalami kenaikan potensial airnya. Hasil ini sesuai dengan fenomena *hydraulic lift* pada lebih dari 30 spesies (Liste dan White 2008).

Nilai recovery lengas tanah harian (RLTH) pada profil kedalaman tanah 25-75 cm, mencapai 0,25-0,28% (w/w) atau setara dengan 0,043-0,048 MPa. Mallikin dan Bledsoe (2000) memberikan batasan bahwa proses *hydraulic lift* dinyatakan terjadi pada suatu tanaman apabila nilai recovery lengas tanahnya setara dengan kenaikan potensial air tanah >0,010 MPa. Berdasarkan kriteria tersebut, maka jambu mete memiliki kemampuan *hydraulic lift* (Gambar 5).

Proses RLTH nampak lebih jelas pada kedalaman 25 cm dibandingkan pada kedalaman 75 cm (Gambar 3). Beberapa faktor yang memungkinkan menjadi penyebab perbedaan RLTH tersebut antara lain 1) meskipun pada penelitian ini tidak dilakukan observasi langsung pada jaringan akar, adanya fakta dari studi lain sebelumnya yang menemukan bahwa sekitar 67% biomas kering akar lateral dan halus jambu mete berkembang pada kedalaman 0-50 cm (Salam et al. 1995), 2) jaringan akar halus terbukti lebih aktif berperan dalam proses redistribusi air tanah dengan peningkatan potensial air pada periode malam hari lebih besar daripada akar yang kasar, seperti yang terjadi pada *Vaccinium corymbosum* (Valenzuela-Estrada et al. 2009), dan *Aspalthus*



Gambar 5. Nilai rata-rata recovery lengas tanah harian (RLTH) pada posisi 1 x jari-jari kanopi (P₁), 1,5 x jari-jari kanopi (P₂), 2,0 x jari-jari kanopi (P₃), dan 2,5 x jari-jari kanopi (P₄) pada profil kedalaman 25 cm (A), 75 cm (B), dan antara 25-75 cm (C).

Figure 5. Average daily recovery of soil moisture (RLTH) at position 1 x radius of the canopy (P₁), 1.5 x radius of the canopy (P₂), 2.0 x radius of the canopy (P₃), and 2.5 x radius of the canopy (P₄) on a profile depth of 25 cm (A), 75 cm (B), and between 25-75 cm (C).

linearis (Matimati et al. 2014), dan 3) secara alami rezim penurunan lengas tanah oleh proses evapotranspirasi cenderung lebih besar pada tanah lapisan atas, sehingga bila terjadi recovery lengas tanah akan lebih nampak jelas daripada lapisan di bawahnya.

Ketersediaan air tanah

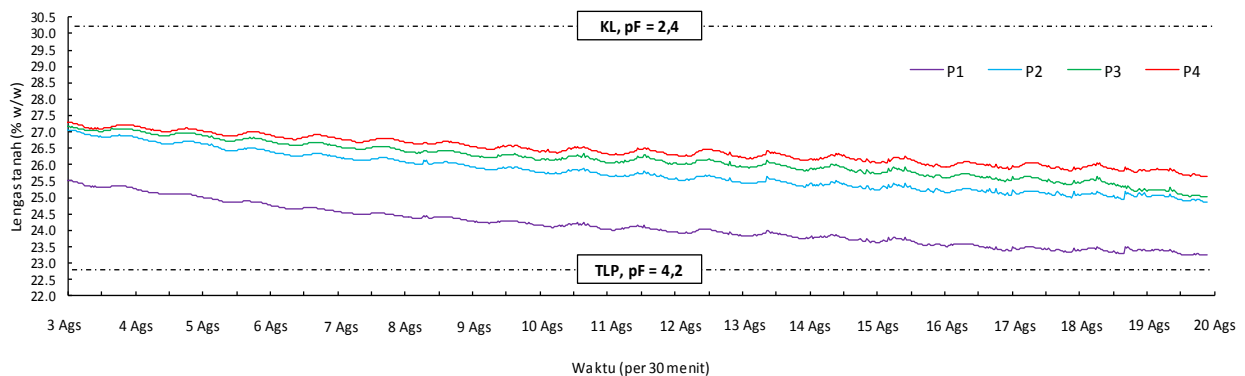
Setelah diketahuinya kemampuan *hydraulic lift* pada jambu mete, selanjutnya penting untuk mengevaluasi kontribusinya pada pemeliharaan tingkat kelengasan tanah lapisan atas selama musim kering. Hasil analisis fisika tanah

pada profil kedalaman 25-35 cm menunjukkan bahwa tanah lokasi penelitian adalah bertekstur liat berdebu dengan proporsi gabungan liat dan debu mencapai 97% (Tabel 1). Rata-rata volumetrik kadar air pada status kapasitas lapang (pF 2,4) dan titik layu permanen (pF 4,2) berturut-turut mencapai 34,7 dan 26,0%, dan volumetrik air tersedia yang merupakan selisih dari nilai kadar air pada kedua kondisi tersebut adalah sebesar 8,7%.

Serial data tingkat ketersediaan air tanah sepanjang periode penelitian, ditunjukkan pada

Tabel 1. Sifat fisika tanah di lokasi penelitian KP. Cikampek.
Table 1. Nature of soil physics at research sites Cikampek Experimental Station.

Sifat fisik tanah	Contoh tanah dan kedalaman (cm)				
	I 25-35	II 25-35	III 25-35	IV 25-35	
Tekstur					
Pasir	3	3	3	~)	
Debu	48	20	34	~)	
Liat	49	77	63	~)	
Bulk Density	1,05	1,16	1,15	1,22	
Particle Density	2,25	2,53	2,55	2,42	
Kadar Air	Lapang				
	pF 1	0,456	0,497	0,540	0,478
	pF 2	0,359	0,418	0,412	0,376
	pF 2.5	0,309	0,377	0,363	0,339
	pF 4.2	0,200	0,305	0,269	0,267
Pori Drainase	Cepat	0,175	0,123	0,138	0,121
	Lambat	0,050	0,041	0,049	0,037
Air Tersedia (% vol.)	0,109	0,072	0,094	0,072	
Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	15,04	2,05	2,40	1,66	



Gambar 6. Status lengas tanah rata-rata pada profil kedalaman 25 -75 cm selama periode penelitian. Garis lurus putus-putus menunjukkan nilai lengas tanah pada kapasitas lapang (KL, pF=2,4) dan titik layu permanen (TLP, pF=4,2).

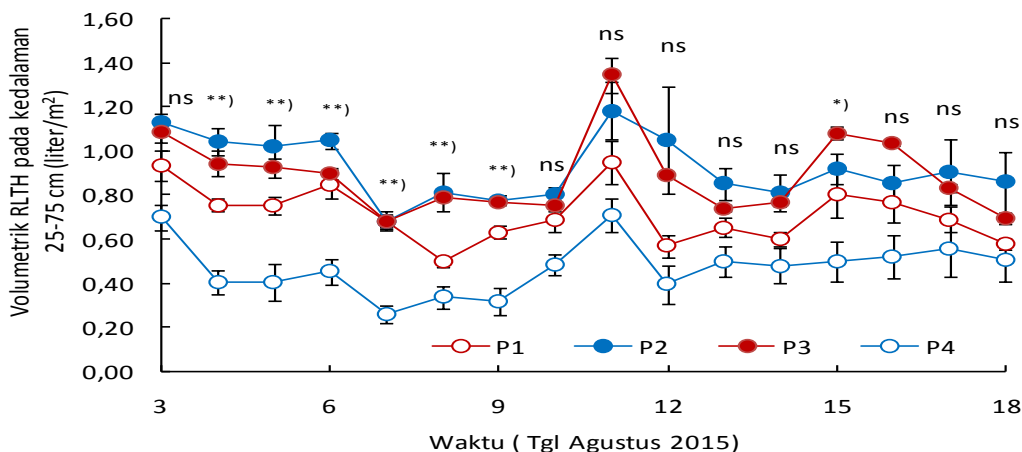
Figure 6. Status of average soil moisture at the profile depth of 25 -75 cm during the experiment period. The dashed line indicates the values of soil moisture at field capacity (KL, pF = 2.4) and permanent wilting point (TLP, pF = 4.2).

Gambar 5. Status lengas tanah untuk tiga posisi P₂, P₃, dan P₄ berada pada kisaran 40-60% air tersedia, kecuali pada posisi terdekat ke pangkal jambu mete (P₁) yang lengas tanahnya nyata jauh lebih rendah. Dengan status lengas tanah yang masih relatif tinggi tersebut, terbuka kemungkinan jenis *cash crop* berumur pendek dan efisien air tetap dapat dibudidayakan pada lahan per-tanaman jambu mete saat musim kering.

Berdasarkan nilai RLTH yang diperoleh di lapangan, dapat diperhitungkan volumetrik air tanah yang digunakan untuk melakukan proses isi ulang pada lapisan tanah 25-75 cm (Gambar 7). Volumetrik recovery lengas tanah harian pada blok jambu mete adalah berkisar 0,26-1,35 liter per m². Volumetrik recovery lengas tanah harian pada posisi 1,5 x jari-jari kanopi (P₂) dan 2,0 x jari-jari kanopi (P₃) secara konsisten nyata lebih tinggi dibandingkan pada posisi lainnya sepanjang periode penelitian.

Berdasarkan keseluruhan data yang diperoleh, hasil penelitian ini memberikan fakta adanya fluktuasi lengas tanah pada pertanaman jambu mete, yang mengalami penurunan pada periode siang hari seiring dengan proses evapo-

transpirasi terutama pada tanah lapisan atas, dan selanjutnya mengalami proses *recovery* kembali sepanjang periode malam hari (Gambar 3 dan 4). Meskipun nilai *recovery* lengas tanah bervariasi menurut posisi dan level kedalaman tanah, namun nilai rata-rata sepanjang periode penelitian adalah berkisar antara 0,25-0,28% (Gambar 5). Dua mekanisme yang terkait langsung dengan mekanisme *recovery* lengas tanah ini adalah proses difusi dan *hydraulic lift*. Pada mekanisme yang pertama, kenaikan lengas tanah dimungkinkan oleh adanya transfer air yang terjadi dalam matrik tanah secara difusi dari zona tanah yang lebih basah menuju ke yang lebih kering, namun umumnya proses ini sangat lambat dan dampak perubahannya sangat kecil (Domec *et al.* 2010). Sebaliknya pada mekanisme yang kedua, jaringan akar secara pasif diduga justru lebih dominan berkontribusi memindahkan air tanah dari lapisan bawah yang relatif lebih basah ke lapisan atas yang lebih kering dengan mengikuti perubahan perbedaan gradien potensial air di akar dan matrik tanah (Bleby *et al.* 2010; David *et al.* 2013; Evaristo *et al.* 2015; Prieto *et al.* 2011; Priyadarshini *et al.* 2016; Valenzuela-Estrada *et al.* 2009). Adanya *recovery* lengas tanah



Gambar 7. Hasil kalkulasi volumetrik RLTH pada profil kedalaman 25-75 cm pada posisi 1.0 x jari-jari kanopi, P₁ (simbol lingkaran merah kosong), 1,5 x jari-jari kanopi, P₂ (simbol lingkaran biru isi), 2,0 x jari-jari kanopi, P₃ (simbol lingkaran merah isi), dan 2,5 x jari-jari kanopi, P₄ (simbol lingkaran biru kosong). Notasi *, **, dan ns berturut-turut menyatakan beda nyata pada P>0,05; P<0,01, dan tidak berbeda nyata.

Figure 7. Results of volumetric calculations RLTH at 25-75 cm depth profile on the position of 1.0 x radius of the canopy, P₁ (open red circle), 1.5 x radius of the canopy, P₂ (filled blue circle), 2.0 x radius of the canopy, P₃ (filled red circle), and 2.5 x radius of the canopy, P₄ (open blue circle). Notation *, **, and ns respectively expressed significantly different at P>0.05, P<0.01, and were not significantly different.

oleh proses *hydraulic lift*, bermanfaat mengurangi tingkat penurunan lengan tanah di area sekitar pertanaman jambu mete sehingga tingkat ketersediaan lengan tanah selama periode kering menjadi lebih panjang. Lebih lanjut selama periode penelitian, lengan tanah dalam kondisi cukup memadai yakni masih berkisar 40-60% air tersedia (Gambar 6). Hasil ini memberikan indikasi bahwa jambu mete selain memberikan hasil kacang mete yang bernilai ekonomi, juga memiliki fungsi ekologis dapat berkontribusi memperpanjang ketersediaan air tanah di lapisan atas selama musim kemarau. Bila fakta ini konsisten untuk berbagai kondisi lahan di wilayah kering diharapkan fungsi ekologis jambu mete ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering yang umumnya rendah.

KESIMPULAN

Jambu mete memiliki kemampuan *hydraulic lift* karena nilai RLTH selalu positif dan lebih besar dari batas minimal yang diperlukan untuk proses *hydraulic lift* tanaman ($>0,010$ MPa). Nilai rata-rata RLTH jambu mete pada profil kedalaman tanah 25-75 cm, mencapai 0,25-0,28% (w/w) atau setara dengan 0,043-0,048 MPa, setara dengan pengisian ulang air tanah sebesar 0,26-1,35 liter per m², dan lengan tanah tetap terpelihara sekitar 40-60% air tersedia. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa jambu mete memiliki fungsi ekologis yang bisa dimanfaatkan untuk pengelolaan sumberdaya air dan meningkatkan produktivitas lahan di wilayah kering secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Kepala Balai Penelitian Rempah dan Obat yang telah berkenan membiayai kegiatan penelitian melalui DIPA No. 018.09.2.237306/2 TA 2015, dan kepada para teknisi Sdr. Sukatma, Sdr Budiman, dan Kepala KP. Cikampek beserta staf yang telah banyak membantu selama pelaksanaan kegiatan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A. (2008) Teknologi dan Strategi Konservasi Tanah dalam Kerangka Revitalisasi Pertanian. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 1 (2), 105–124.
- Bauerle, T.L., Richards, J.H., Smart, D.R. & Eissenstat, D.M. (2008) Importance of Internal Hydraulic Redistribution for Prolonging the Lifespan of Roots in Dry Soil. *Plant, Cell and Environment*. 31 (2), 177–186. doi:10.1111/j.1365-3040.2007.01749.x.
- Bleby, T.M., Mcelrone, A.J. & Jackson, R.B. (2010) Water Uptake and Hydraulic Redistribution across Large Woody Root Systems to 20 m Depth. *Plant, Cell and Environment*. 33 (12), 2132–2148. doi:10.1111/j.1365-3040.2010.02212.x.
- Caldwell, M.M., Dawson, T.E. & Richards, J.H. (1998) Hydraulic Lift: Consequences of Water Efflux from the Roots of Plants. *Oecologia*. 113 (2), 151–161. doi:10.1007/s004420050363.
- David, T.S., Pinto, C.A., Nadezhdina, N., Kurz-Besson, C., Henriques, M.O., Quilhó, T., Cermak, J., Chaves, M.M., Pereira, J.S. & David, J.S. (2013) Root Functioning, Tree Water Use and Hydraulic Redistribution in Quercus Suber Trees: A Modeling Approach Based on Root Sap Flow. *Forest Ecology and Management*. 307, Elsevier B.V., 136–146. doi:10.1016/j.foreco.2013.07.012.
- Domec, J.C., King, J.S., Noormets, A., Treasure, E., Gavazzi, M.J., Sun, G. & McNulty, S.G. (2010) Hydraulic Redistribution of Soil Water by Roots Affects Whole-Stand Evapotranspiration and Net Ecosystem Carbon Exchange. *New Phytologist*. 187 (1), 171–183. doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03245.x.
- Evaristo, J., Jasechko, S. & McDonnell, J.J. (2015) Global Separation of Plant Transpiration from Groundwater and Streamflow. *Nature*. 525, 91–94. doi:10.1038/nature14983.
- Hirota, I., Sakuratani, T., Sato, T., Higuchi, H. & Nawata, E. (2004) A Split-Root Apparatus for Examining the Effects of Hydraulic Lift by Trees on the Water Status of Neighbouring Crops. *Agroforestry Systems*. 60 (2), 181–187. doi:10.1023/B:AGFO.0000013293.77907.64.
- Idjudin, A. & Marwanto, S. (2008) Reformasi Pengelolaan Lahan Kering untuk Mendukung Swasembada Pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 2 (2), 115–125.

- Kurz-Besson, C., Otieno, D., Lobo Do Vale, R., Siegwolf, R., Schmidt, M., Herd, A., Nogueira, C., David, T.S., David, J.S., Tenhunen, J., Pereira, J.S. & Chaves, M. (2006) Hydraulic Lift in Cork Oak Trees in A Savannah-Type Mediterranean Ecosystem and Its Contribution to the Local Water Balance. *Plant and Soil*. 282 (1–2), 361–378. doi:10.1007/s11104-006-0005-4.
- Liste, H.H. & White, J.C. (2008) Plant Hydraulic Lift of Soil Water - Implications for Crop Production and Land Restoration. *Plant and Soil*. 313 (1–2), 1–17. doi:10.1007/s11104-008-9696-z.
- Ludwig, F., Dawson, T.E., Kroon, H., Berendse, F. & Prins, H.H.T. (2003) Hydraulic Lift in *Acacia tortilis* Trees on an East African Savanna. *Oecologia*. 134 (3), 293–300. doi:10.1007/s00442-002-1119-x.
- Matimati, I., Anthony Verboom, G. & Cramer, M.D. (2014) Do Hydraulic Redistribution and Nocturnal Transpiration Facilitate Nutrient Acquisition in *Aspalathus Linearis*? *Oecologia*. 175 (4), 1129–1142. doi:10.1007/s00442-014-2987-6.
- Meinzer, F.C., Brooks, J.R., Bucci, S., Goldstein, G., Scholz, F.G. & Warren, J.M. (2004) Converging Patterns of Uptake and Hydraulic Redistribution of Soil Water in Contrasting Woody Vegetation Types. *Tree Physiology*. 24 (8), 919–28. doi:10.1093/treephys/24.8.919.
- Neumann, R.B. & Gardon, Z.G. (2012) The Magnitude of Hydraulic Redistribution by Plant Roots: A Review and Synthesis of Empirical and Modeling Studies. *New Phytologist*. 194, 337–352. doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03195.x.
- Pitono, J. (2014) Fenomena Pengangkatan Air dan Prospek Pengembangan Bioirigasi pada Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Perspektif*. 13 (2), 75–90.
- Prieto, I., Armas, C. & Pugnaire, F.I. (2012) Water Release through Plant Roots: New Insights into Its Consequences at the Plant and Ecosystem Level. *New Phytologist*. 193 (4), 830–841. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.04039.x.
- Prieto, I., Padilla, F.M., Armas, C. & Pugnaire, F.I. (2011) The Role of Hydraulic Lift on Seedling Establishment under A Nurse Plant Species in A Semi-Arid Environment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 13 (3), 181–187. doi:10.1016/j.ppees.2011.05.002.
- Priyadarshini, K.V.R., Prins, H.H.T., de Bie, S., Heitkönig, I.M.A., Woodborne, S., Gort, G., Kirkman, K., Ludwig, F., Dawson, T.E. & de Kroon, H. (2016) Seasonality of Hydraulic Redistribution by Trees to Grasses and Changes in Their Water-Source Use that Change Tree-Grass Interactions. *Ecohydrology*. 9 (2), 218–228. doi:10.1002/eco.1624.
- Richards, J.H. & Caldwell, M.M. (1987) Hydraulic Lift: Substantial Nocturnal Water Transport between Soil Layers by *Artemisia tridentata* Roots. *Oecologia*. 73 (4), 486–489. doi:10.1007/BF00379405.
- Rocha, F.S., Duarte, L. da S. & Waechter, J.L. (2014) Positive Association between Bromelia Balansae (Bromeliaceae) and Tree Seedlings on Rocky Outcrops of Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology*. 31 (2), 195–198. doi:10.1017/S0266467414000728.
- Salam, A.B., Pushpalatha, P.B. & Suma, A. (1995) Root Distribution Pattern of Seedling-Raised Cashew Tree. *Journal of Plantation Crops*. 23 (1), 59–61.
- Sekiya, N. & Yano, K. (2004) Do Pigeon Pea and Sesbania Supply Groundwater to Intercropped Maize through Hydraulic Lift? - Hydrogen Stable Isotope Investigation of Xylem Waters. *Field Crops Research*. 86 (2–3), 167–173. doi:10.1016/j.fcr.2003.08.007.
- Snyder, K.A., James, J.J., Richards, J.H. & Donovan, L.A. (2008) Does Hydraulic Lift or Nighttime Transpiration Facilitate Nitrogen Acquisition? *Plant and Soil*. 306 (1–2), 159–166. doi:10.1007/s11104-008-9567-7.
- Valenzuela-Estrada, L.R., Richards, J.H., Diaz, A. & Eissensat, D.M. (2009) Patterns of Nocturnal Rehydration in Root Tissues of *Vaccinium corymbosum* L. under Severe Drought Conditions. *Journal of Experimental Botany*. 60(4), 1241–1247.
- Wan, C., Sosebee, R.E. & McMichael, B.L. (1993) Does Hydraulic Lift Exist in Shallow-Rooted Species? A Quantitative Examination with A Half-Shrub *Gutierrezia sarothrae*. *Plant and Soil*. 153 (1), 11–17. doi:10.1007/BF00010540.
- Warren, J.M., Meinzer, F.C., Brooks, J.R., Domec, J.C. & Coulombe, R. (2007) Hydraulic Redistribution of Soil Water in Two Old-Growth Coniferous Forests: Quantifying Patterns and Controls. *New Phytologist*. 173 (4), 753–765. doi:10.1111/j.1469-8137.2006.01963.x.