

## KAJIAN BEBERAPA TANAMAN DATARAN TINGGI KOLEKSI KEBUN RAYA CIBODAS DALAM KEMAMPUAN PENYERAPAN DAN KONSERVASI AIR

Masfiro Lailati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Konservasi  
Tumbuhan dan Kebun Raya –  
LIPI

\*e-mail korespondensi:  
[lailatimsf@gmail.com](mailto:lailatimsf@gmail.com)

**Abstrak.** Ekosistem dataran tinggi atau pegunungan merupakan kawasan yang sangat penting dalam menghasilkan berbagai jasa lingkungan diantaranya sebagai daerah resapan air. Vegetasi pepohonan sangat berperan dalam menjaga keseimbangan air di dalam tanah. Curah hujan yang tinggi sering mengakibatkan masalah di beberapa daerah yang rawan. Kajian beberapa tanaman koleksi yang ditanam di Kebun Raya Cibodas – LIPI yang memiliki ketinggian 1.250 – 1.425 mdpl diujikan untuk mengetahui tingkat kemampuan dalam menyerap air dan proses transpirasi tanaman melalui daun. Sepuluh (10) jenis tanaman berkayu dipilih dengan merujuk pada penampakan tajuk pohon dan kanopi yang besar, terdiri dari tanaman native dan non-native. Hasil Pengukuran menunjukkan bahwa tanaman Rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) memiliki kemampuan paling tinggi dalam kecepatan penyerapan air sebesar  $27.38 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit dengan penguapan air melalui stomata daun paling lama yaitu  $56.1 \pm 1.32$  menit dan kandungan klorofil daun paling rendah  $34.6 \pm 0.74$  SPAD. Sedangkan jenis tanaman *Elaeocarpus griffithii* (Wight) A.Gray memiliki kemampuan paling rendah dalam kecepatan penyerapan air yaitu  $1.39 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit. Kehilangan air melalui penguapan melalui stomata daun paling cepat terjadi pada *Ficus variegata* Blume  $4.8 \pm 0.25$  menit. Beberapa tanaman lainnya menunjukkan hasil yang bervariasi tergantung kemampuan daya serap dan luasan daunnya.  
**Kata Kunci:** air, konservasi, tanaman, transpirasi.

**Abstract.** Mountainous ecosystems are very important areas in producing various environmental services, including as water catchment areas. Vegetation of tress plays an important role in maintaining the water balance in the soil. Heavy rainfall often causes problems in some of vulnerable areas. The study of several collection plants in the Cibodas Botanical Gardens – LIPI which has an altitude of 1,250 – 1,425 meters above sea level was tested to determine the ability to absorb the water and the process of transpiration through leaves. Ten (10) of woody plant species were selected by referring to the appearance of the large canopy trees, consisting of native and non-native plants. The measurement results showed that the Rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) had the highest ability to absorb water at  $27.38 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/minute with the longest of transpiration through leaf i.e  $56.1 \pm 1.32$  minutes and the lowest of chlorophyll content of  $34.6 \pm 0.74$  SPAD. Meanwhile, *Elaeocarpus griffithii* (Wight) A. Gray has the lowest of the ability to absorb the water at  $1.39 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/minute. The fastest loss of water or transpiration through leaf occurred in *Ficus*

---

*variegata* Blume  $4.8 \pm 0.25$  minutes. Other plants showed varying results depending on their absorption capacity and leaf area.

**Keyword:** conservation, plants, transpiration, water.

---

## PENDAHULUAN

Ekosistem dataran tinggi atau hutan pegunungan merupakan kawasan yang sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup. Kawasan ini sebagai tempat perlindungan dan sumberdaya dari beragam tumbuhan dan satwa, sebagai tempat perlindungan keanekaragaman genetik dan juga mampu menghasilkan berbagai jasa lingkungan. Jasa lingkungan yang terpenting dari kawasan pegunungan salah satunya sangat berperan penting dalam proses siklus hidrologi diantaranya sebagai daerah resapan air. Menurut (Boehmer, 2011); (Wiharto, 2015), kawasan tropis pegunungan umumnya merupakan kawasan dengan rata-rata curah hujan 1200 – 1700 mm/tahun, sehingga dapat dikatakan sepanjang tahun kawasan ini mengalami musim hujan. Curah hujan yang tinggi seringkali mengakibatkan masalah di beberapa daerah yang rawan bencana.

Vegetasi pepohonan sangat berperan penting dalam siklus hidrologi dan mampu menjaga keseimbangan air di dalam tanah. Menurut (Yuliantoro *et al.*, 2016) pohon dapat memberikan pengaruh dalam pengisian air tanah. Pengisian air tanah berupa air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh vegetasi atau tutupan lahan di atasnya. Keberadaan pohon atau suatu vegetasi akan memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap proses meresapnya air ke dalam tanah (*infiltrasi*). Pohon dan ekosistemnya memiliki lapisan tajuk yang berstrata serta ekosistem lantai hutan (serasah, tanaman bawah dan lapisan humus) akan konduktif bagi air hujan untuk meresap ke dalam lapisan tanah. Selain itu, pohon juga memberikan pengaruh dalam menjaga keseimbangan air. Lahan dengan pohon-pohon yang memiliki kanopi rimbun dan rapat dapat menurunkan suhu dan meningkatkan

kelembaban daerah sekitarnya (iklim mikro). Serasah pohon memiliki fungsi sebagai penyimpanan air sementara dan secara berangsur akan melepaskannya ke tanah bersama dengan bahan organik yang larut untuk perbaikan struktur tanah dan menaikkan kapasitas peresapan.

Kebun Raya Cibodas (KRC) – LIPI merupakan kawasan konservasi *ex-situ* yang berada di bawah kaki Gunung Gede dan Gunung Pangrango pada ketinggian 1250 – 1425 mdpl dengan luas 84.99 ha. KRC mempunyai salah satu fungsi sebagai tempat konservasi berbagai koleksi tumbuhan dataran tinggi baik yang berasal dari Indonesia (*native*) maupun berasal dari luar Indonesia (*Non-native*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sepuluh (10) koleksi tanaman yang tumbuh di KRC dalam menyerap air dan menguapkan air (transpirasi) dalam kaitannya dengan upaya konservasi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2021 di Kebun Raya Cibodas (KRC) – LIPI yang berada di ketinggian 1250 – 1425 mdpl. Bahan tanaman yang diujikan adalah sebanyak 10 tanaman yang terdiri dari tanaman *native* dan *non-native* yang merupakan koleksi KRC. Tanaman yang diuji memiliki beberapa kriteria yaitu memiliki penampakan tajuk yang lebar dan kanopi yang besar. Bahan tanaman yang diujikan adalah sebagai berikut.

Bahan yang diambil dari tanaman adalah 1 ranting kecil yang terletak di ujung dengan beberapa helai daun. Suhu rata-rata saat pengukuran adalah 19 – 27°C dan kelembapan (RH) 61 – 93%. Parameter yang diukur adalah diameter ranting menggunakan alat kaliper digital.

Tabel 1. Jenis Tanaman Yang Diujikan

No.	Nama Jenis	Famili	Asal tanaman	Keberadaan
1.	<i>Agathis borneensis</i> Warb.	Araucariaceae	Maluku Isl.	XII.A.1a
2.	<i>Altingia excelsa</i> Noronha	Altingiaceae	S.E. Asia	VII.C.6a
3.	<i>Castanopsis argentea</i> (Blume) A.DC.	Fagaceae	Java	XV.B.24a
4.	<i>Corymbia torelliana</i> (F.Muell.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson	Myrtaceae	Australia	VII.A.38a
5.	<i>Dillenia philippinensis</i> Rolfe	Dilleniaceae	Filipina	XII.B.13b
6.	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A.Gray	Elaeocarpaceae	West Java	VI.D.100a
7.	<i>Ficus variegata</i> Blume	Moraceae	Java	XVI.C.7
8.	<i>Lindera polyantha</i> (Blume) Boerl.	Lauraceae	West Java	VII.C.381
9.	<i>Syzygium formosum</i> (Wall.) Mason	Myrtaceae	C. Sulawesi	XIX.C.24
10.	<i>Syzygium pycnanthum</i> Merr. & L.M.Perry	Myrtaceae	West Java	XIX.C.2a

Perhitungan kandungan klorofil (SPAD) menggunakan alat klorofil meter portable merk 502 plus Konica Minolta, luas daun menggunakan alat *Portable Leaf Area Meter model KWF LAW-A/B; Beijing KWF Sci-tech Development Co., Ltd*, penguapan air dari daun menggunakan kertas kobalt klorida, dan laju penyerapan air menggunakan alat fotometer merk BFS 75 Pudak Scientific. Parameter diukur dengan 5 kali ulangan.

Laju penyerapan air dilakukan dengan prosedur memasukkan ranting tanaman dengan beberapa helai daun ke salah satu pipa tabung sementara satu pipa lainnya ditutup rapat menggunakan penutup karet kedap udara yang diolesi *Vaseline Petroleum Jelly* di sekelilingnya, agar udara tidak dapat masuk ke dalam pipa. Air sebelumnya dimasukkan melalui pipa dan mengalir penuh ke pipa kapiler. Jangan sampai ada gelembung udara di dalam pipa karena air otomatis akan keluar, pastikan air dalam pipa kapiler terletak pada ujung pipa dan dalam keadaan stabil. 1 strip skala pada pipa kapiler adalah 0.01 cm<sup>3</sup> atau 0.01 ml. Pengamatan laju penyerapan air dari ranting tanaman dilakukan setiap 10 menit kemudian dirata-ratakan. Penguapan air melalui daun dilakukan dengan menggunakan kertas kobalt klorida, lima helai daun pada tiap tanaman ditempelkan kertas kobalt berukuran 1 x 1 cm, kertas tersebut diletakkan

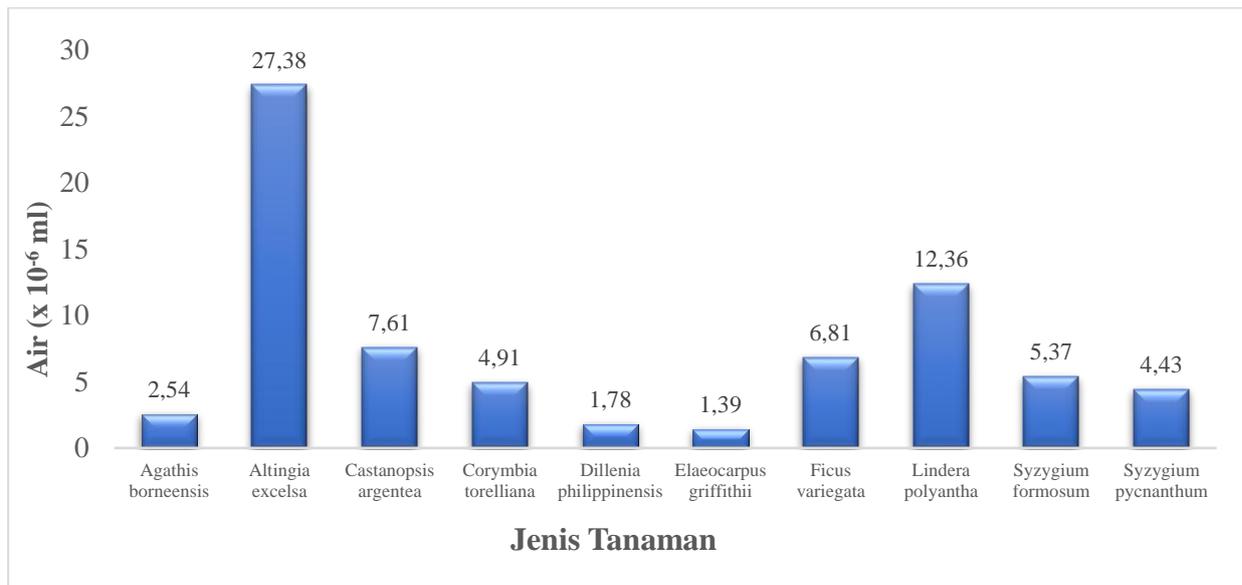
di bagian bawah permukaan daun yang ditutup rapat dengan cover glass di sisi atas dan bawah daun, lalu digunakan penjepit agar posisinya stabil. Waktu proses penguapan air dari daun dihitung menggunakan *stopwatch* yang ditandai berubahnya warna kertas kobalt klorida dari biru tua menjadi merah muda. Data yang dipeoleh akan dianalisa dengan menggunakan Excel dan dideskripsikan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Laju penyerapan dan penguapan air

Laju penyerapan air melalui ranting tanaman pada sepuluh tanaman yang diuji memperlihatkan hasil yang berbeda yang dapat dilihat pada Gambar 1.

*Altingia excelsa* Noronha dengan nama lokal Rasamala memiliki laju penyerapan air tertinggi yaitu  $27.38 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit dibandingkan dengan jenis lainnya. Jenis Rasamala merupakan tanaman asli Indonesia, yang tersebar dari pulau Sumatera, Jawa, sampai ke Nusa Tenggara (Online, *Altingia excelsa*, 2021). Jenis tanaman ini berupa pohon besar bisa mencapai 40 hingga 60 meter, dan biasa tumbuh di daerah dataran tinggi. Kayunya bisa dibuat konstruksi dan daun mudanya beraroma harum dan bisa dimakan secara langsung atau dapat dijadikan sebagai sayur lalapan.



Gambar 1. Laju Penyerapan Air Tanaman Menggunakan Alat Fotometer

Meskipun memiliki laju penyerapan air yang tinggi, jenis *Rasamala* menunjukkan proses penguapan air dari daun yang paling lambat yaitu  $56.1 \pm 1.32$  menit (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa jenis tanaman tersebut mengalami transpirasi melalui daun lebih rendah dibandingkan jenis lainnya. Transpirasi merupakan proses kehilangan air dari tubuh tumbuhan dalam bentuk uap air. Hal ini diduga bahwa pada jenis tanaman tersebut air banyak digunakan untuk proses pertumbuhannya. Tanaman koleksi *Rasamala* ini memiliki penampakan kanopi yang besar dengan tajuk yang lebar dan tumbuh subur. Tumbuhan yang efisien akan menguapkan air dalam jumlah yang lebih sedikit untuk membentuk struktur tubuhnya (bahan keringnya) dibandingkan dengan tumbuhan yang kurang efisien dalam memanfaatkan air.

Baker & Van (1987) menjelaskan bahwa laju transpirasi sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengangkutan molekul air pada xylem, dimana kecepatan angkut sangat dipengaruhi oleh ukuran pembuluh xylem pada batang. Jenis *Lindera polyantha* termasuk dalam famili Lauracea memiliki laju penyerapan air sebesar  $12.36 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit, tertinggi setelah *Rasamala*. Namun, penguapan air dari daun dengan

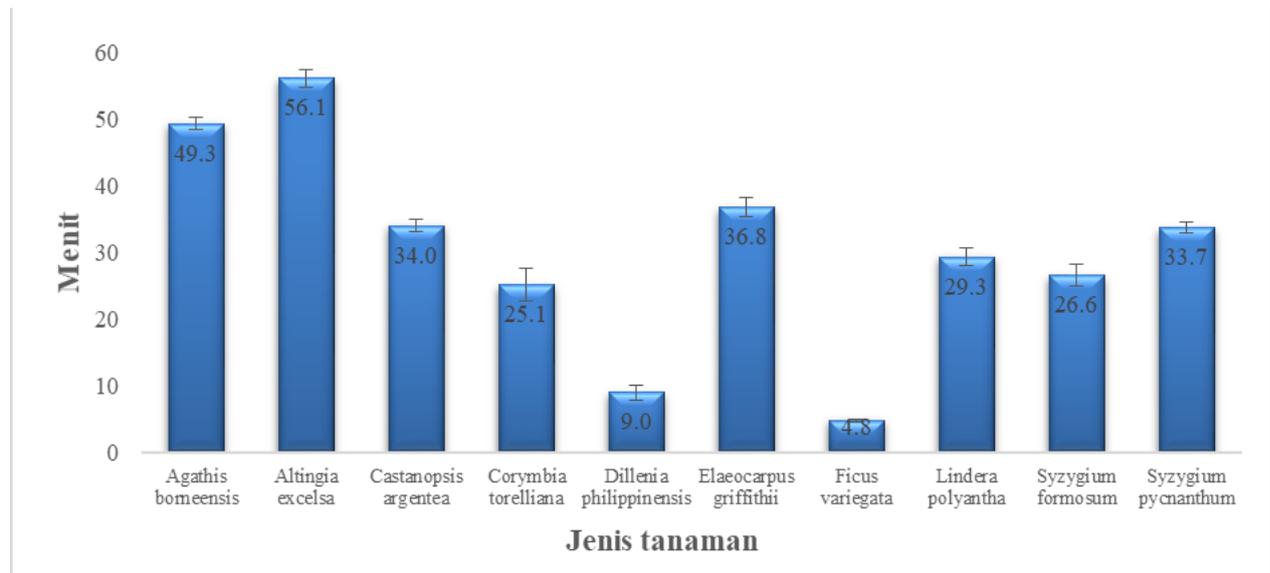
waktu yang lebih cepat yaitu 29.3 menit (Gambar 2). Delapan jenis tanaman lainnya menunjukkan laju penyerapan air di bawah  $8 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit. Bisa dikatakan laju penyerapan lebih rendah jika dibandingkan jenis *A. excelsa* dan *L. polyantha*.

*Ficus variegata* termasuk yang memiliki penyerapan air yang rendah, namun jenis ini mengalami kehilangan air paling cepat yaitu  $4.8 \pm 0.25$  menit, terbukti bahwa daun pada jenis *Ficus* ini cepat sekali mengalami kekeringan. Tanaman *Dillenia philippinensis* juga menunjukkan kehilangan air yang cukup cepat yaitu  $9.0 \pm 1.06$  menit (Gambar 2) sementara kemampuannya dalam menyerap air sangat rendah yaitu  $1.78 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit (Gambar 1).

Jenis *Ficus* umumnya dapat digunakan sebagai tanaman untuk mempertahankan mata air, mengurangi erosi dan tanah longsor (Soejono, 2012). Hal ini terlihat bahwa jenis ini mengalami transpirasi atau kehilangan air yang cukup tinggi sehingga cocok ditanam pada kawasan rawan longsor. Ridwan & Pamungkas (2015) juga menyatakan bahwa perakaran yang dalam pada jenis *Ficus* mampu mencapai lapisan air tanah dangkal dimana air tanah mengalir sehingga dapat membuka aliran baru menuju permukaan

tanah dan keluar menjadi mata air. Tanaman tidak akan dapat hidup tanpa air, karena air merupakan faktor utama yang berperan dalam proses fisiologi tanaman. Air merupakan bagian dari protoplasma dan

menyusun 85-90% dari berat keseluruhan jaringan tanaman. Air juga berperan dalam proses membuka dan menutupnya stomata (Ai & Banyo, 2011).



Gambar 2. Waktu Penguapan Air (Transpirasi) Pada Daun Tanaman Menggunakan Kertas Kobalt Klorida

Laju transpirasi atau hilangnya air dari daun berbeda-beda pada setiap tanaman uji. Transpirasi merupakan satu mekanisme untuk mengeluarkan kelebihan air atau air sisa metabolisme. Laju transpirasi dipengaruhi oleh faktor internal tumbuhan yang bersangkutan, maupun berbagai faktor klimatik lingkungannya. Secara internal, transpirasi dikontrol dengan pengaturan konduktivitas stomata, daya hisap daun, dan tekanan akar, laju fotosintesis dan respirasi, serta jenis dan umur tanamannya. Sedangkan faktor eksternal yang penting adalah suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan beda potensial air antara tanah, jaringan dan atmosfer. Dengan adanya bermacam-macam tenaga penggerak dan daya kohesi, maka dalam tubuh tumbuhan terbentuk aliran air atau benang air yang tak terputus (Suyitno, 2006).

Di sisi lain, transpirasi digunakan sebagai salah satu mekanisme pelepasan kelebihan panas pada tubuh tumbuhan dan

mendorong aliran air tanah masuk ke jaringan untuk mendapatkan berbagai nutrisi yang dibutuhkan. Transpirasi juga merupakan mekanisme kontrol stabilitas cairan tubuh dan keseimbangan. Kayunya bisa dibuat konstruksi dan daun muda beraroma harum bisa dimakan sebagai lalapan. Stabilitas cairan tubuh tumbuhan akan terjaga apabila volume penyerapan air sebanding dengan volume kebutuhan air untuk mempertahankan turgiditas jaringan (tekanan hidrostatik) dan air untuk mendukung metabolisme serta stabilisasi suhu jaringannya. Bila transpirasi berlebihan yang tidak seimbang dengan aliran air yang masuk, maka jaringan akan kehilangan turgiditasnya. Tumbuhan menjadi layu atau bahkan mengering dan mati (Suyitno, 2006); (Salisbury & Ross, 1985).

## 2. Kandungan klorofil (SPAD)

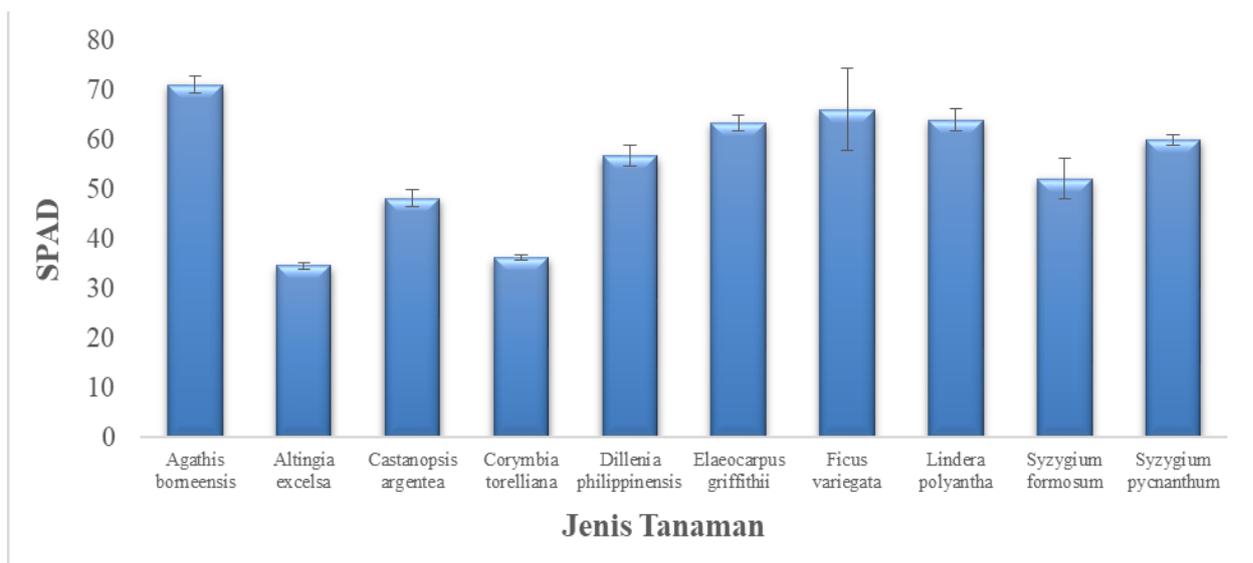
Selain laju penyerapan dan penguapan air, kandungan klorofil pada tanaman yang diuji juga diukur dengan menggunakan alat portable klorofil meter. Pengukuran karakter

fisiologi seperti kandungan klorofil, merupakan salah satu pendekatan untuk mempelajari pengaruh kekurangan air terhadap pertumbuhan dan hasil produksi, karena parameter ini berkaitan erat dengan laju fotosintesis (Li *et al.* 2006; Ai & Banyo, 2006).

Jenis *Altingia excelsa* diketahui memiliki laju penyerapan air yang tinggi dan penguapan yang lambat dan memiliki kandungan klorofil paling rendah  $34.6 \pm 0.74$  SPAD (Gambar 3) dibandingkan jenis lainnya. Namun, sebaliknya pada jenis *Agathis borneensis* dan *Ficus variegata* dengan penyerapan air yang rendah memiliki jumlah klorofil yang cukup tinggi  $71.1 \pm 1.74$  SPAD dan  $66.2 \pm 8.35$  SPAD (Gambar 3). Bahkan jenis *Elaeocarpus griffithii* dengan laju penyerapan paling rendah juga memiliki

kandungan klorofil yang cukup tinggi  $63.4 \pm 1.60$  SPAD. Klorofil pada tanaman berfungsi untuk menyerap sinar matahari yang diperlukan dalam proses fotosintesis.

Menurut (Ai & Banyo, 2011), salah satu respons fisiologis tanaman terhadap kekurangan air adalah penurunan konsentrasi klorofil daun yang dapat disebabkan oleh pembentukan klorofil dihambat, penurunan enzim rubisco, dan terhambatnya penyerapan unsur hara, terutama nitrogen dan magnesium yang berperan penting dalam sintesis klorofil. Seperti halnya pada jenis *Altingia excelsa*, diduga penyerapan air yang tinggi bisa mengindikasikan bahwa jenis tanaman ini membutuhkan banyak air, terlihat juga pada konsentrasi klorofilnya yang lebih rendah jika dibandingkan jenis lainnya.

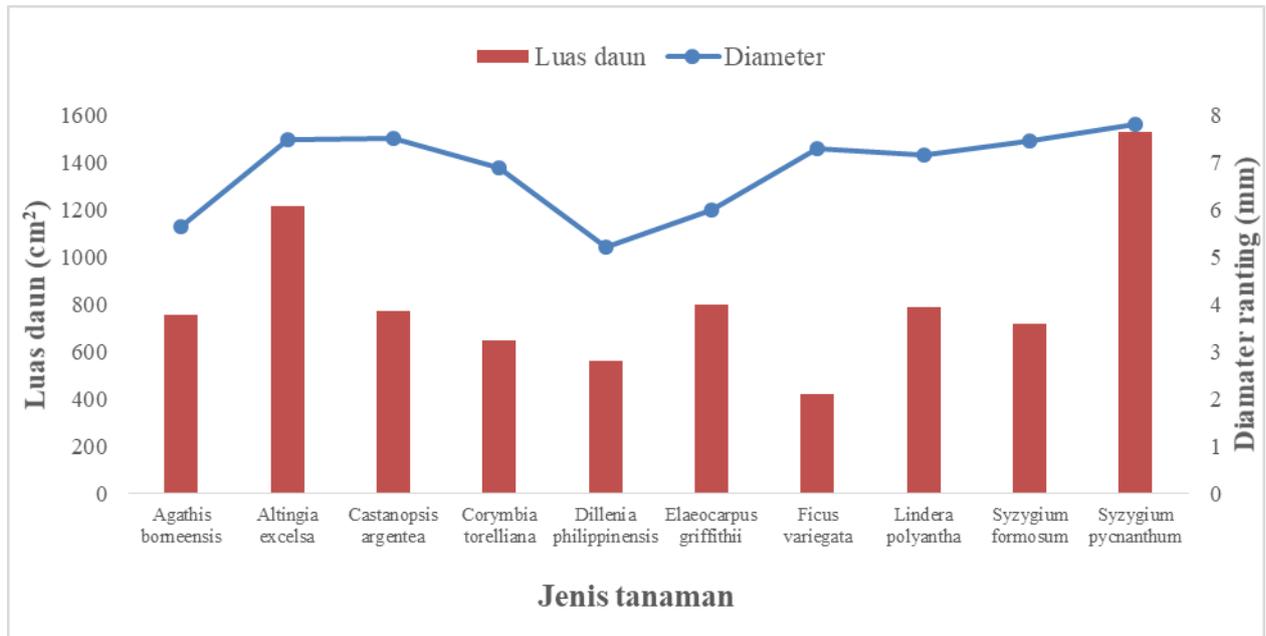


Gambar 3. Kandungan Klorofil Pada Daun

### 3. Diameter, massa dan luas daun

Diameter ranting tanaman yang diuji berkisar antara  $5.22 \pm 0.44$  mm dan  $7.80 \pm 0.16$  mm. Ukuran garis tengah atau diameter ranting ini tidak menunjukkan pengaruh terhadap laju penyerapan air pada tanaman uji. Sampel uji (tanaman) dari jenis *Syzygium pycnanthum* memiliki luas daun, massa daun

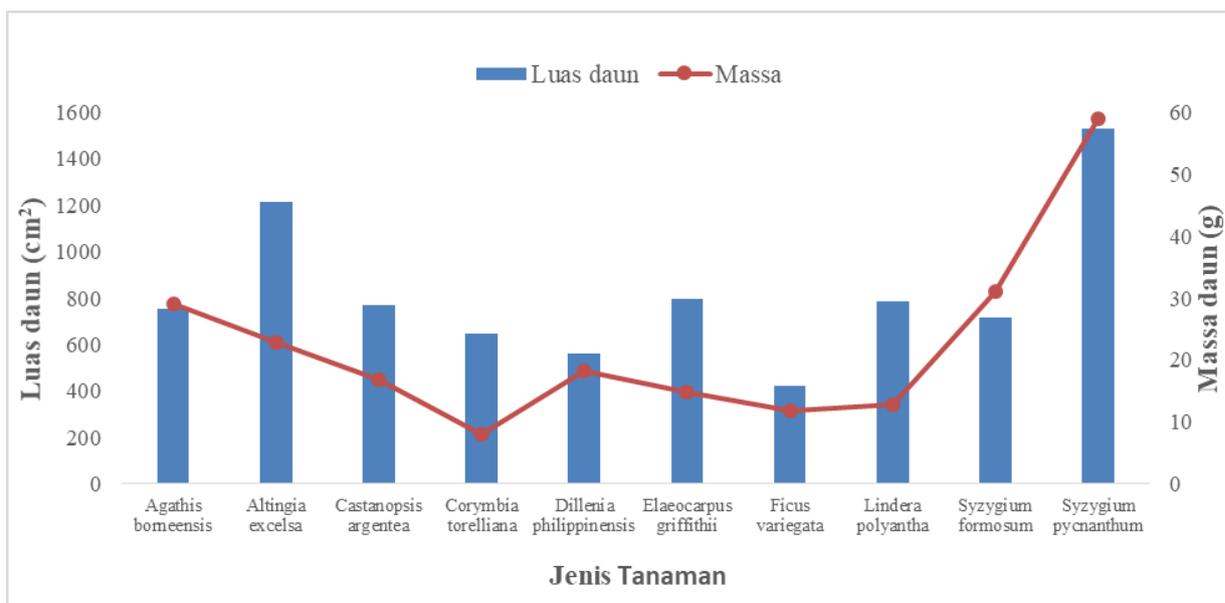
dan diameter ranting yang paling besar, diikuti oleh tanaman jenis *Altingia excelsa* (Gambar 4). Luas daun pada sampel tanaman merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi besar kecil laju penyerapan air suatu tanaman dan semakin besar luas daun suatu tanaman maka semakin banyak juga air yang ditranspirasikan ke udara.



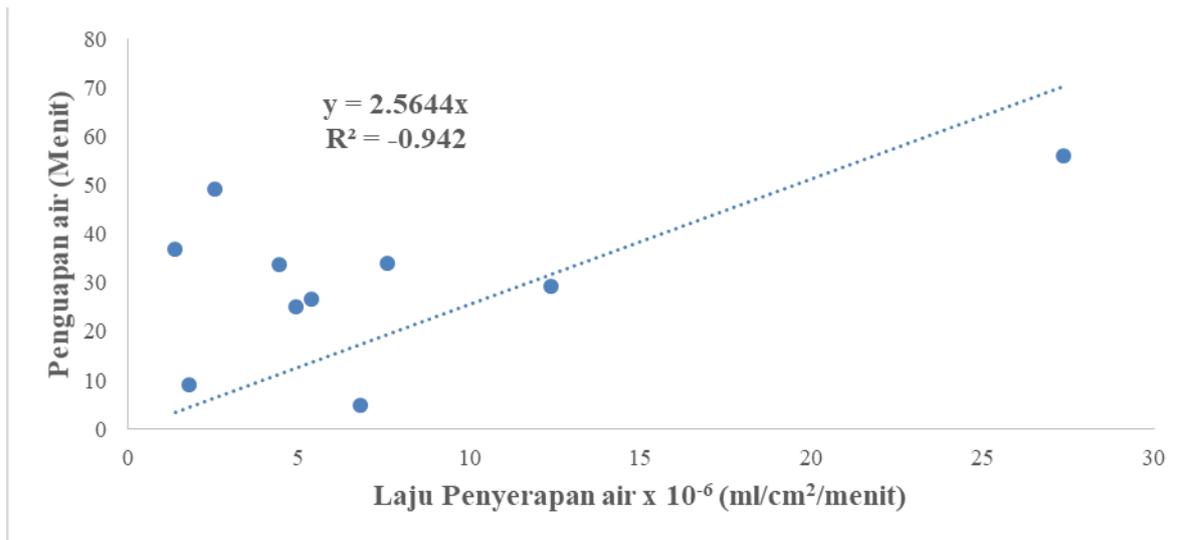
Gambar 4. Diameter Ranting Dan Luas Daun Pada Sampel Tanaman Yang Digunakan.

Jenis ini merupakan tanaman *non-native* yang berasal dari Queensland, Australia, dengan nama sinonimnya adalah *Eucalyptus torelliana* F. Muell. (Online, *Corymbia torelliana*, 2021). Tanaman ini merupakan pohon yang besar, memiliki diameter dan tajuk yang lebar. Tetapi laju

penyerapan air tergolong rendah  $4.91 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit (Gambar 1). Hasil analisis regresi juga menunjukkan terdapat hubungan korelasi positif ( $R^2 = 0.6225$ ) antara laju penyerapan dan penguapan air pada tanaman yang diujikan (Gambar 6).



Gambar 5. Luas Daun Dan Massa Daun Sampel Tanaman Yang Digunakan



Gambar 6. Hubungan Antara Laju Penyerapan Dan Penguapan Air

## SIMPULAN

Dari sepuluh tanaman koleksi yang diuji, jenis *Altingia excelsa* Noronha menunjukkan kemampuan yang paling besar dalam menyerap air yaitu  $27.38 \times 10^{-6}$  ml/cm<sup>2</sup>/menit, namun kemampuan dalam penguapan air dari daunnya menunjukkan yang paling lambat yaitu  $56.1 \pm 1.32$  menit. Jenis *Ficus variegata* Blume menunjukkan kehilangan air paling cepat yaitu  $4.8 \pm 0.25$  menit, sehingga transpirasinya tergolong tinggi bila dibandingkan dengan jenis lainnya, meskipun jenis tanaman tersebut rendah dalam kemampuannya menyerap air. Jenis *Ficus* sp. umumnya dapat digunakan sebagai tanaman untuk mempertahankan mata air. Tanaman yang memiliki kemampuan transpirasi yang tinggi cocok ditanam pada kawasan yang jenuh air dan rawan longsor. Penulis menyarankan untuk mengukur lebih banyak lagi koleksi tanaman dataran tinggi yang berpotensi sangat baik dalam proses hidrologi dan konservasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Program Konservasi *Ex-situ* Kebun Raya Cibodas – LIPI atas izinnya

memperoleh material tanaman yang diujikan dalam kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N., & Banyo, Y. (2011). Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11, 166-173.
- Baker, J. M., & Van Bavel, C. H. M. (1987). Measurement of Mass Flow of Water in the Steam of Herbaceous Plant. *Cell and Environment*, 10, 777-782.
- Boehmer, H. (2011). *Vulnerability of Tropical Montane Rain Forest Ecosystems due to Climate Change in Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security*. Berlin: Springer.
- Li, R., Guo, M., Baum, S., Grando, S., & Ceccarelli, S. (2006). Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agricultural Sciences in China*, 5, 751-757.
- Online, P. O. (2021). *Altingia excelsa*. Diakses dari [Plantsoftheworldonline.org](http://Plantsoftheworldonline.org).
- Ridwan, M., & Pamungkas, D. (2015). Keanekaragaman Vegetasi Pohon di Sekitar Mata Air di Kecamatan



- Panekan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur. *Prosiding Seminar Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 1*, 1375-1379.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1985). *Plant Physiology*. California: Wadsworth Publ. Company.
- Suyitno. (2006). *Pertukaran Zat dan Proses Hilangnya Air*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Soejono. (2012). Composition of Trees Grown Surrounding Water Springs at Two Areas in Purwosari, Pasuruan, East Java. *The Journal of Tropical Life Science, 2*, 110-118.
- Wiharto, M. (2015). Kawasan Tropis Pegunungan Sebagai Kawasan Rawan Bencana Dengan Nilai Ekologi Tinggi dan Upaya Pelestariannya. *Jurnal Bionature, 16*, 1-7.
- Yuliantoro, D., Atmoko, B., & Siswo. (2016). *Pohon Sahabat Air*. Kartasura: Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.