



Adaptasi morfologi trikoma pada *Tillandsia sp.* dalam penyerapan air

YUSFI AFIDAH, ANIS NOVIYANI, PUTRI AISIYYA QUTLANA MUNAWAROH, DAN MUKHAMAD SU'UDI*

Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember

<p>Kata kunci: penyerapan air, <i>Tillandsia sp.</i>, trikoma</p>	<p>ABSTRAK: <i>Tillandsia sp.</i> merupakan tanaman hijau sepanjang tahun yang berasal dari Amerika Latin. Tanaman ini tergolong tanaman epifit dengan ciri khusus tidak memiliki akar tanah yang kokoh seperti tanaman pada umumnya. Bentuk adaptasi yang dilakukan dengan adanya trikoma yang berfungsi sebagai penyerapan air dan nutrisi sehingga <i>Tillandsia sp.</i> dapat tumbuh dengan baik. Berbagai macam bentuk trikoma dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungan yang ada, sehingga morfologi setiap jenisnya berbeda sebagai bentuk adaptasi. Melalui berbagai sumber ditemukan adanya perbedaan pada kerapatan trikoma serta panjang sel sayap "wing cells" yang dimiliki oleh beberapa jenis <i>Tillandsia sp.</i> Ciri khusus yang dimiliki tanaman ini yaitu pada trikoma dan sel sayap berfungsi sebagai sistem penyerapan air untuk menggantikan fungsi dan peran akar.</p>
<p>Keywords: <i>Tillandsia sp.</i>, trichome, water absorption</p>	<p>ABSTRACT: <i>Tillandsia sp.</i> is an evergreen plant native to Latin America. This plant is classified as an epiphytic plant with a special characteristic of not possessing a sturdy soil ground roots like plants in general. The form of adaptation carried out by the presence of trichomes that function as water and nutrient absorption lead <i>Tillandsia sp.</i> able to grow well. Various forms of trichomes can adapt to existing environmental conditions, so that the morphology of each species is different as a form of adaptation. Through various sources, it was found that there are differences in the density of trichomes and the length of wing cells owned by several types of <i>Tillandsia sp.</i> The particular characteristics of this plant are trichomes and wing cells that function as a water absorption system, replacing the function and role of the roots.</p>

1 PENDAHULUAN

Tillandsia sp. merupakan tanaman hijau sepanjang tahun yang berasal dari Amerika Latin [1]. *Tillandsia sp.* termasuk dalam keluarga Bromeliaceae dengan 500 jenis lebih yang telah teridentifikasi. Tanaman ini banyak diminati sebagai tanaman hias karena memiliki bentuk yang unik. Selain itu, perawatan yang tidak sulit juga membuatnya menarik dimata banyak orang. Tanaman ini dimanfaatkan sebagai tanaman hias dalam ruangan karena morfologinya yang bermacam-macam [2]. *Tillandsia sp.* sering disebut juga sebagai *Air plant* (tanaman udara) karena bersifat epifit yang berarti tidak memerlukan tanah untuk tumbuh dan dapat menyerap nutrisi dan kelembaban dari udara [3]. Habitat *Tillandsia sp.* biasanya tumbuh di atas permukaan substrat lain, seperti batu, cabang pohon, atau tumbuhan lainnya [4].

Tillandsia sp. memiliki ciri khas sebagai tumbuhan epifit, salah satunya adalah tanaman ini tidak memiliki akar tanah yang kokoh seperti tanaman pada

umumnya. Fungsi akar pada tanaman ini hanya untuk melekat pada substrat tempat mereka tumbuh. Walaupun demikian *Tillandsia sp.* tetap dapat hidup dan berkembangbiak dengan baik [5]. Hal ini dikarenakan penyerapan air dan nutrisi sebagian besar melalui trikoma. Trikoma adalah salah satu bentuk adaptasi dari *Tillandsia sp.* sebagai tumbuhan epifit. Trikoma sendiri adalah struktur berbentuk rambut atau serat halus yang terdapat pada permukaan daun [6].

Peran akar untuk menyerap air dan nutrisi dilakukan oleh trikoma. Trikoma ini memiliki kemampuan untuk menangkap partikel air dari embun, hujan, atau udara lembap [7]. Selama proses penangkapan air, trikoma juga menangkap zat-zat yang terlarut dalam air, termasuk mineral dan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur lainnya [8]. Selain itu, peran trikoma pada *tillandsia* juga termasuk refleksi cahaya, regulasi suhu, konservasi air, penyerapan air cair dan gas, serta peningkatan distribusi air di permukaan batang [9]. Oleh karena itu, artikel ini

* Corresponding Author: email: msuudi52@gmail.com

membahas tentang bagaimana adaptasi trikoma pada *Tillandsia* sp. dalam perannya menyerap air.

2 HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Penyerapan Air oleh Daun *Tillandsia*

Anggota dari genus *Tillandsia* sp. dikenal sebagai bromeliad atmosferik karena ketergantungannya pada trikoma yang melapisi daun untuk mendapatkan air dan mineral dari lingkungan [10]. Epidermis daun pada tanaman dari genus *Tillandsia* mengembangkan banyak trikoma berbentuk *peltate* (sirip) yang khas dan khusus berfungsi untuk menyerap air maupun larutan di atmosfer [11]. Keberadaan trikoma penyerap daun untuk menyerap air di lingkungan epifit dianggap sebagai salah satu karakteristik paling penting yang menjelaskan kesuksesan adaptasi beberapa spesies *Tillandsia* sp. [8].

Tillandsia sp. telah berevolusi secara adaptif dengan memiliki daun yang hidroskopis untuk menggantikan akar yang terdegenerasi sehingga mampu menangkap kelembaban dari atmosfer. Gambar 1 menunjukkan mekanisme *Tillandsia* sp. dalam menyerap air melalui daunnya. Air yang terkondensasi pada permukaan daun dapat diarahkan lebih lanjut dengan transportasi secara langsung dari jaringan terluar ke jaringan dalam melalui osmotik aktif. Sistem jaringan yang telah terbentuk dengan baik dapat secara efektif menahan air yang diserap dan mengatur transpirasi daun untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan yang berkelanjutan [12]. Salah satu organ yang berperan dalam pengambilan air dari atmosfer adalah *hygroscopic photothermal organogel* (POG) atau organogel fototermal higroskopis. POG dapat menangkap kelembaban atmosfer, dan juga memiliki sifat fototermal yang memungkinkan pelepasan energi surya ke lingkungan sekitar secara langsung. Sistem higroskopis terintegrasi ini berasal dari kombinasi yang dapat diprogramkan dari jaringan kopolimer hidrofilik natrium polimetakrilat/poliakrilamida (P(SMa-co-AAm)), serta medium gliserin yang higroskopis [13].

Efek hidroskopis sinergistik dapat diatur secara efektif dengan mengatur rasio monomer dalam jaringan polimer dan faktor penggantian pelarut. Integrasi lebih lanjut poli-pirol-dopamin fototermal (*P-Py-Da*) dapat memberikan sistem hidroskopis sifat energi surya-ke-termal yang efisien untuk pelepasan air yang dapat dikendalikan [14]. POG yang dihasilkan dapat meniru perilaku penyerapan kelembaban dan transpirasi daun *Tillandsia* sp.. Kombinasi jaringan kopolimer hidrofilik dan media hidroskopis gliserin

memungkinkan POG untuk menyerap kelembaban dari udara, mengangkutnya ke bagian dalam melalui tekanan osmotik, dan menyimpannya dalam bentuk pembengkakan rantai polimer untuk penyerapan kelembaban berkapasitas tinggi. Akibatnya, POG seperti ini dapat digunakan untuk mengalami siklus penangkapan air atmosfer dan penguapan air yang didorong oleh matahari untuk produksi air tawar [13].

Berbagai Bentuk Adaptasi Trikoma

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan berbagai bentuk dari trikoma. Perbedaan morfologi daun pada trikoma juga membuat struktur trikomanya berbeda. Trikoma pada *Tillandsia* sp. adalah rambut daun yang berspesialisasi yang dapat memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda [16]. *Tillandsia* memiliki berbagai fungsi yang penting dalam penyerapan dari udara, termasuk mengurangi resuspensi materi partikulat, penyerapan polutan udara yang efisien, penyerapan partikulat logam berat, perlindungan dari radiasi matahari berbahaya, dan pengaturan suhu tanaman serta pengurangan kehilangan air [17].

Tillandsia houston memiliki sayap trikoma lebih panjang dan saling tumpang tindih. Trikoma ini dapat membantu meningkatkan luas permukaan daun, yang dapat membantu dalam penyerapan air dari hujan, kabut, embun, atau sumber air lainnya. Semakin besar luas permukaan trikoma semakin banyak air yang dapat diserap, yang dapat menguntungkan bagi tanaman [18]. *Tillandsia xerographica* memiliki trikoma pendek, sebagian meninggi dan saling tumpang tindih. Hal ini membuat *Tillandsia xerographica* lebih mampu beradaptasi untuk lingkungan yang panas dan kering. Trikoma ini membantu memantulkan sinar matahari dan menjaga daun tetap dingin, hal ini sangat penting dalam lingkungan kering [19]. *Tillandsia caput-medusae* memiliki trikoma lebih pendek dan terangkat dalam posisi tegak. Trikoma ini dapat membantu meningkatkan luas permukaan daun untuk penyerapan air, meningkatkan retensi air, dan membantu kemampuan tanaman menyerap kelembaban dari udara [20].

Tillandsia pohliana memiliki trikoma berbentuk bulat dengan jenis parenkim akiferus. Kehadiran parenkim akiferus adalah strategi yang penting dalam menyediakan penyimpanan air. Hal ini memungkinkan spesies ini dapat tetap bertahan hidup walaupun tidak menyerap air dari tanah [21]. *Tillandsia usneoides* memiliki struktur trikoma yang padat, tumpang tindih, banyak sel dan yang paling mencolok dari trikoma ini adalah sel-sel sayapnya yang sangat panjang. Hal ini membuat trikoma *Tillandsia usneoides* tidak hanya berperan dalam penyerapan air namun juga dapat mengurangi resuspensi materi

partikulat. Materi partikulat seperti logam berat yang jatuh pada permukaan daun dan mempromosikan akumulasi partikel-partikel ini [22]. *Tillandsia geminiflora* memiliki struktur trikoma yang sayapnya lebih daripada trikoma *Tillandsia sp.* Trikoma jenis ini merespon lingkungan basah dengan membuka pori untuk penyerapan air dan membentuk struktur kapiler dengan kemampuan yang sangat baik untuk konduksi air eksternal lainnya sehingga membuatnya dapat bertahan pada lingkungan xeric atau lingkungan yang sangat kering [23].

Oleh karena itu perbedaan struktur, susunan, dan kerapatan trikoma pada daun yang ditemukan pada *Tillandsia sp.* memang terbukti memengaruhi penyebaran cairan dan sifat basah permukaan daun mereka, yang pada gilirannya meningkatkan penyerapan air tanaman ini.

Karakter Trikoma pada Sistem Transport

Sebagian besar pada famili Bromeliaceae tidak memiliki akar khususnya pada genus *Tillandsia sp.* sehingga proses penyerapan air dan nutrisi dilakukan pada permukaan epidermis daun dan batang yang dilakukan pada bagian trikoma multiseluler [9]. Akar *Tillandsia sp.* memiliki karakteristik yang tidak dapat hidup dalam waktu yang lama serta tidak memiliki struktur anatomi yang dapat menopang pasokan air, sehingga pada bagian epidermis daun berkembang sebagian menjadi trikoma (sisik) yang khas dan khusus untuk menyerap air. Bentuk yang khas ini memungkinkan *tillandsia* untuk dapat bertahan pada kondisi yang ekstrem dan memiliki struktur yang kuat untuk menempel pada tanah meski tanpa akar [12].

Trikoma yang dimiliki oleh *tillandsia* terbuat dari perisai sel-sel yang telah mati, dinding sel luar yang tebal yang berada di atas sel kubah "dome cell". Sel kubah akan menghubungkan dengan mesofil daun dengan bantuan tangkai yang merupakan sel hidup. Bagian kutikula daun memiliki struktur yang tebal membentuk tabung yang berada disekitar sel kubah dan tangkai trikoma, hal inilah yang dapat mengarahkan laju air menuju ke daerah sel kaki "foot cell" untuk penyerapan secara internal (Gambar 2) [10].

Pengangkutan air dilakukan apabila terdapat air yang menempel pada bagian permukaan batang maupun daun. Proses pengangkutan terjadi pada bagian internal xilem. Apabila air terdapat pada permukaan batang dan menyebar maka akan di transport hingga ke bagian ujung daun [7]. Berawal dari ujung batang maka pada saat bertemu dengan aksial daun, proses transport air akan menyebar ke

bagian daun yang lain hingga ke bagian ujung daun (Gambar 3) [9].

Proses penyerapan terjadi pada bagian trikoma dengan bentuk seperti paku terbentuk dari bagian batang yang terhubung dengan bagian internal daun. Air akan mengalir pada bagian sel pelindung batang menuju ke parenkim pada bagian mesofil dengan rute simplast [12]. Tetapi proses ini akan berlangsung lama jika dibandingkan dengan menggunakan akar, sehingga trikoma memiliki bagian yang disebut "wing cells" yang berfungsi untuk mempercepat proses pengangkutan air [7]. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [24] dengan menghilangkan sayap trikoma menyebabkan sistem pengangkutan air menjadi lebih lambat. Sehingga selain struktur kepadatan trikoma pada permukaan daun juga adanya tonjolan sayap yang bergelombang memungkinkan meningkatnya air yang diserap [18].

Struktur Trikoma saat Kondisi Lingkungan Kering dan Lembab

Tillandsia sp. termasuk dalam kategori jenis CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*) yang mampu hidup dengan kondisi lingkungan sedikit air. Bahkan pada saat setelah terjadi kekeringan yang panjang tanaman ini mampu mempertahankan tingkat osmotiknya serta potensial air dengan mengakumulasi *malic acid* serta laju penyerapan karbon pada bagian daun. Untuk mempertahankan pada kondisi lingkungan yang kering tanaman ini memiliki beberapa mekanisme yaitu dengan membatasi pembukaan stomata pada malam hari, struktur kepadatan stomata yang rendah, laju transpirasi rendah, penutup trikoma yang tebal, serta adanya penyimpanan air pada bagian parenkim daun sebagai cadangan air untuk melakukan proses fotosintesis [24].

Trikoma pada *Tillandsia sp.* mampu melakukan mekanisme penyerapan air pada saat musim penghujan atau saat kondisi lembab serta meminimalisir kehilangan air saat kemarau dan cara mengangkat bagian epidermis sehingga membuka jalan aliran air ke dalam [10]. Saat kondisi lembab, trikoma akan membuka jalur air dengan cara membengkak. Saat kondisi kering mencegah keluarnya air dengan menutup jalur difusi air mencegah air keluar [7].

Mekanisme penyerapan air yang dilakukan tanaman *Tillandsia sp.* dengan bantuan morfologi pada bagian daun yang terdapat sayap (sisik) sehingga mampu bertahan dalam kondisi yang ekstrem. Struktur sisik memiliki empat sel pusat dengan setiap selnya terdapat dua bagian. Bagian pertama disebut dengan sel perisentral dengan jumlah sel delapan

serta adanya sel subperiferal. Sel perifer inilah yang disebut dengan sayap dengan bentuk memanjang, berdinding tipis, kosong, tersusun secara radial, dan membentuk perisai (Gambar 4) [25].

3 KESIMPULAN

Tillandsia sp. memiliki struktur trikoma yang berfungsi dalam penyerapan mineral dan nutrisi sehingga mampu beradaptasi pada lingkungan yang ekstrim. Perbedaan struktur trikoma pada tiap jenis *Tillandsia* sp. menyesuaikan kondisi lingkungan serta peranannya. Proses penyerapan air terjadi pada bagian internal xilem dengan bantuan sel sayap “wings cells” yang berfungsi untuk mempercepat laju penyerapan. Pengaturan air saat kondisi lingkungan kering ataupun lembab melalui proses membuka dan menutupnya stomata. Pengetahuan tentang karakter unik *Tillandsia* sp. dapat dijadikan informasi rujukan terkait mekanisme transport air pada tanaman. Informasi tentang adaptasi *Tillandsia* sp. terhadap lingkungan sangat penting diketahui terutama bagi konsumen *Tillandsia* sp. sehingga dapat merawatnya dengan perlakuan dan lingkungan yang sesuai.

REFERENSI

- [1] Kumita, K., Kitazawa, Y., Tokuda, R., Miyazaki, A., Maejima, K., Namba, S., & Yamaji, Y. First report of anthracnose on tillandsia caused by *Colletotrichum* sp. in Japan. *J Gen Plant Pathol*, **2021**, 87, 254–258.
- [2] Chaves CJN, Leal BSS, Rossatto DR, Berger U, & Palma-Silva C. Deforestation is the turning point for the spreading of a weedy epiphyte: an IBM approach. *Sci Rep*, **2021**, 11(1), 20397.
- [3] Kalayci, E., Gokmen Isanc, E., & Avinc, O. Tillandsia usneoides L. (Spanish Moss) Air Plant and Its Important Potential for Sustainable Technical Textile Applications. In: Muthu, S.S. (eds) Novel Sustainable Raw Material Alternatives for the Textiles and Fashion Industry. *Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry*. Springer, Cham. **2023**, (pp. 35-55).
- [4] Miranda, T., Roth-Nebelsick, A., Junginger, A., & Ebner, M. Habitat conditions, spatial distribution and trichome morphology of different species of *Tillandsia* growing on trees on the Ilha Grande Island, Brazil. *Flora*, **2020**, 272, 151692.
- [5] Flores-Palacios, A., & García-Franco, J. G. Effect of isolation on the structure and nutrient content of oak epiphyte communities. *Plant Ecology*, **2004**, 173, 259-269.
- [6] Benz, B. W., & Martin, C. E. Foliar trichomes, boundary layers, and gas exchange in 12 species of epiphytic *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Journal of Plant Physiology*, **2006**. 163(6), 648-656.
- [7] Ha, N., Park, J., Park, S. H., Seo, E., Lim, J. H., & Lee, S. J. Domino-like water transport on *Tillandsia* through flexible trichome wings. *New phytologist*, **2021**, 231(5), 1906-1922.
- [8] Takahashi, C. A., Coutinho Neto, A. A., & Mercier, H. An overview of water and nutrient uptake by epiphytic Bromeliads: new insights into the absorptive capability of leaf trichomes and roots. *Progress in Botany*, **2022**, Vol. 83, 345-362.
- [9] Herppich, W. B., Martin, C. E., Tötze, C., Manke, I., & Kardjilov, N. External water transport is more important than vascular transport in the extreme atmospheric epiphyte *Tillandsia usneoides* (Spanish moss). *Plant, cell & environment*, **2019**, 42(5), 1645-1656.
- [10] Raux, P. C., Simon, G., & Jacques, D. Design of a Unidirectional Water Valve in *Tillandsia*. *Nature Communication*, **2020**, 11, 396.
- [11] Ballego-Campos, I., Forzza, R. C., & Paiva, É. A. An overview of secretion in floral bracts of Tillandsioideae (Bromeliaceae), with emphasis on the secretory scales. *AoB Plants*, **2023**, 15(5), plad066.
- [12] Papini, A., Tani, G., Di Falco, P., & Brighigna, L. The ultrastructure of the development of *Tillandsia* (Bromeliaceae) trichome, *Flora - Morphology Distribution. Functional Ecology of Plants*, **2010**, 205(2), 94-10.
- [13] Zhuang, S., Qi, H., Wang, X., Li, X., Liu, K., Liu, J., & Zhang, H. Advances in solar-driven hygroscopic water harvesting. *Global Challenges*, **2021**, 5(1), 2000085.
- [14] Eskov, A. K., & Kolomeitseva, G. L. Vascular Epiphytes: Plants That Have Broken Ties with the Ground. *Biology Bulletin Reviews*, **2022**, 12(3), 304-333.
- [15] Ni, F., Qiu, N., Xiao, P., Zhang, C., Jian, Y., Liang, Y., & Chen, T. Tillandsia-inspired hygroscopic photothermal organogels for efficient atmospheric water harvesting. *Angewandte Chemie International Edition*, **2020**, 59(43), 19237-19246.
- [16] Zhang, R., Zheng, G., & Li, P. Effects of Foliar Trichomes on the Accumulation of Atmospheric Particulates in *Tillandsia Brachycaulos*. *Open life sciences*, **2019**, 14, 580–587.
- [17] Li, C., Mo, Y., Wang, N., Xing, L., Qu, Y., Chen, Y., Yuan, Z., Ali, A., Qi, J., Fernández, V., Wang, Y., & Kopittke, P. M. The overlooked functions of trichomes: water absorption and metal detoxication. *Plant, Cell & Environment*, **2023**, 46, 669–687.
- [18] Zambrano, A. R. C., Linis, V. C., Nepacina, M. R. J., Silvestre, M. L. T., Foronda, J. R. F., & Janairo, J. I. B. Wetting properties and foliar water uptake of *Tillandsia* L. *Biotribology*, **2019**, 19, 100103.
- [19] Li, P., & Zheng, G. L. Notice of Retraction: Foliar Trichome and Atmospheric Heavy Metal Accumulation of Seven Epiphytic *Tillandsia* Species. In *2011 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, **2011**, (pp. 1-4). IEEE
- [20] Mendoza-Ramos, J. E., Talavera-Mendoza, O., Lopezaraiza-Mikel, M. E., Salgado-Souto, S. A., Sayago-Lorenzana, R. C., Ruiz, J., & Aguirre-Noyola, J. L. Biomonitoring and sourcing toxic elements using

vascular epiphytes of the Tillandsia Genus in the mining region of Taxco de Alarcón, Guerrero, Southern Mexico. *Water, Air, & Soil Pollution*, **2021**, 232, 1-15.

[21] de Oliveira, R. S., de Oliveira Souza, S., Aona, L. Y. S., Souza, F. V. D., Rossi, M. L., & de Souza, E. H. Leaf structure of Tillandsia species (Tillandsioideae: Bromeliaceae) by light microscopy and scanning electron microscopy. *Microscopy Research and Technique*, **2022**, 85(1), 253-269.

[22] Kim, J. J., Park, J., Jung, S. Y., & Lee, S. J. Effect of trichome structure of Tillandsia usneoides on deposition of particulate matter under flow conditions. *Journal of hazardous materials*, **2020**, 393, 122401.

[23] Roth-Nebelsick, A., Miranda, T., Ebner, M., Konrad, W., & Traiser, C. From tree to architecture: how

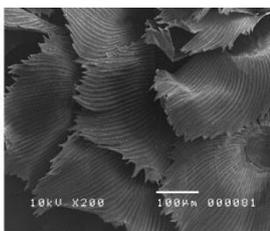
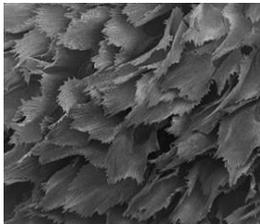
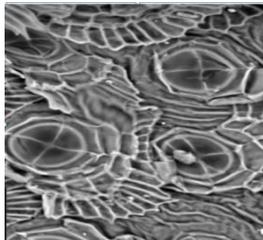
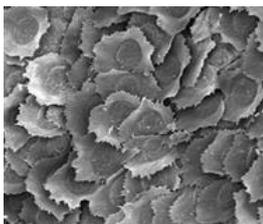
functional morphology of arborescence connects plant biology, evolution and physics. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **2021**, 101, 267-284.

[24] Ohru, T., Nobira, H., Sakata, Y., Taji, T., Yamamoto, C., Nishida, K., Yamakawa, T., Sasuga, Y., Yaguchi, Y., Takenaga, H., & Shideo, T. Foliar Trichome and Aquaporin-aided Water Uptake in a Drought-resistant Epiphyte Tillandsia ionantha Planchon. *Plants*, **2007**, 227, 47-56.

[25] Giampoli, P., Natalie, D. V. C., Armando, R. T., Francine, F. F., Marisa, D., & Enderise, S. A. Anomalous scale of Tillandsia usneoides (L.) L. (Bromeliaceae) exposed in the metropolitan region of campinas, SP, Brazil as air pollution markers. *Hoehnea*, **2015**, 42(2), 749-757.

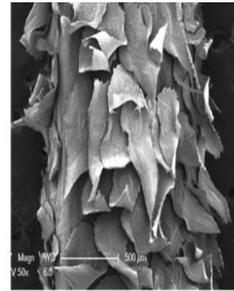
LAMPIRAN

Tabel 1. Adaptasi bentuk trikoma pada beberapa spesies Tillandsia sp.

Jenis	Morfologi	Bentuk Trikoma	Referensi
<i>Tillandsia houston</i>			[18]
<i>Tillandsia xerographica</i>			[19]
<i>Tillandsia caput-medusae</i>			[20]
<i>Tillandsia pohliana</i>			[21]

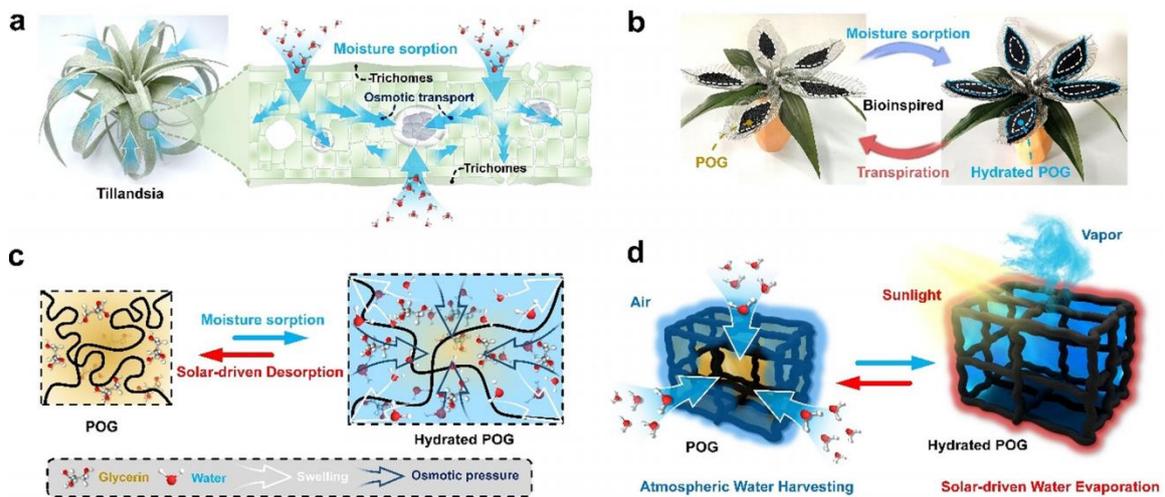
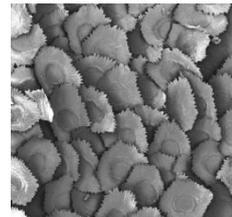
Tillandsia usneoides

[22]

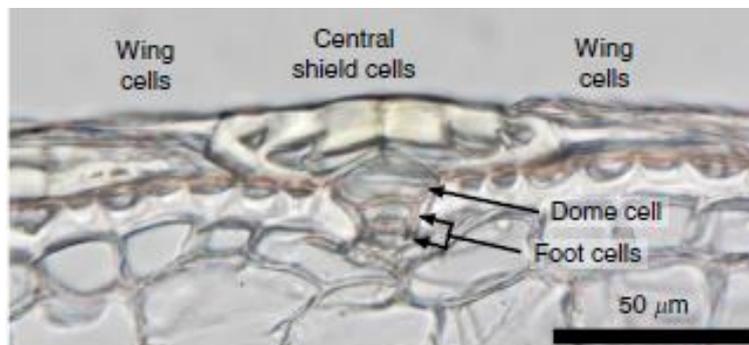


Tillandsia geminiflora

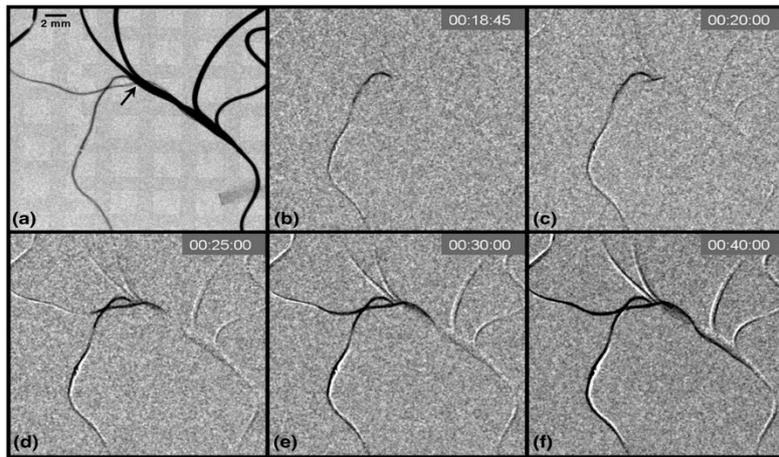
[23]



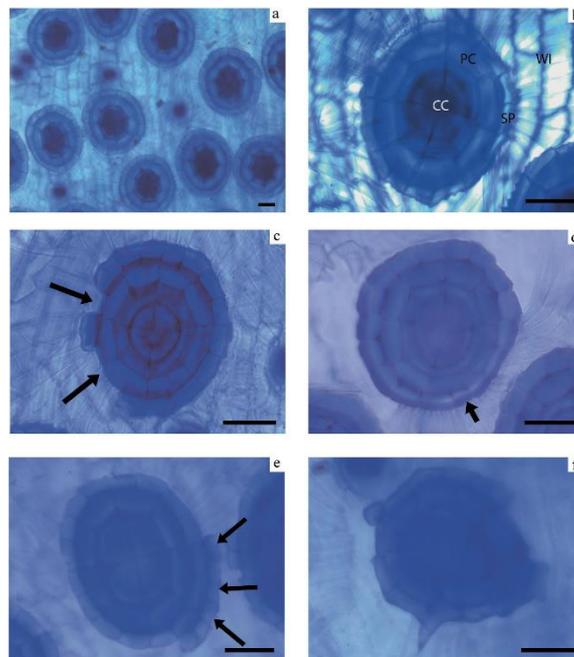
Gambar 1. Mekanisme Penyerapan Air oleh Daun pada *Tillandsia* sp. [15]



Gambar 2. Dinding sel pelindung yang sangat tebal, sel sayap tipis, sel kubah, dan sel kaki sebagai penghubung trikoma ke mesofil daun pada *Tillandsia landbeckii* [10].



Gambar 3. Tanda panah pada bagian (a) menunjukkan penyebaran air dari bagian batang menuju daun pada bagian aksial. Warna hitam menunjukkan adanya aliran air di dalam sel [9].



Gambar 4. Permukaan daun *Tillandsia usneoides* (a) epidermis dengan sisik, (b) empat sel pusat membentuk perisentral dan sub periferal, (c) reduksi 3 sel dari subperiferal, (d) penambahan sel subperiferal, (e) penambahan enam sel subperiferal dan sayap, (f) bentuk dan jumlah sel setelah dimodifikasi [25]