

Scientific Article

PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP KARAKTERISTIK ANATOMI DAUN, BATANG, DAN AKAR TANAMAN *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce

*The effect of drought stress on the anatomical characteristics of leaves, stems and roots of *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce*

Julia Madu Sari, Masnur Turnip, Zulfa Zakiah*

Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Informasi Artikel

Diterima/Received : 12 Januari 2022
Disetujui/Accepted : 22 Januari 2023
Diterbitkan/Published : 30 April 2023

*Koresponden E-mail :

zulfa.zakiah@fmipa.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.55981/bkr.2023.737>

Cara mengutip :

Sari JM, Turnip M, Zakiah Z. 2023. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap karakteristik anatomi daun, batang, dan akar tanaman *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce. Buletin Kebun Raya 26(1): 1–10.

DOI: <https://doi.org/10.55981/bkr.2023.737>

Kontributor

Kontributor Utama/Main author:

Julia Madu Sari

Masnur Turnip

Zulfa Zakiah

Kontributor Anggota/Author member:

-

Keywords: anatomical characteristics, drought stress, *Nepenthes mirabilis*

Kata Kunci: cekaman kekeringan, karakteristik anatomi, *Nepenthes mirabilis*

PENDAHULUAN

Cekaman kekeringan adalah kendala lingkungan yang membuat tumbuhan lebih sulit menyerap air dari tanah (Embiiale *et al.* 2016). Tidak seluruh jenis tumbuhan mempunyai kemampuan yang sama untuk bertahan pada

Abstract

Plant growth is strongly influenced by the availability of water where it grows. The availability of water in plant cells will affect their anatomical structure. This study aimed to determine the effect of drought stress on the anatomical structural characteristics of the roots, stems, and leaves of *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce. The study was conducted from January to July 2020. A completely randomized design (CRD) was applied with five treatment levels, namely control, 5, 10, 15, and 20 days of drought stress. Stem organ incision preparations were made using a non-paraffin method. Preparations for leaf and root organ incisions were made using the paraffin method. The results showed that drought stress significantly affected the thickness of the epidermal and mesophyll tissues of leaves and the thickness of the epidermal stem tissues. Drought stress increased the thickness of leaf and stemmed epidermal tissues in 20-days of drought stress treatment, respectively, 30 μm and 93.51 μm , compared to the control treatment, were 24 μm and 37.67 μm . The thickness of leaf organ mesophyll tissue was smaller (218 μm) compared to the control (481 μm) in 20 days of stress treatment. Drought stress caused shrinkage up to the destruction of mesophyll tissue cells and the formation of cavities between cells in the root cortex tissue.

Abstrak

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh air yang tersedia pada tempat tumbuhnya. Ketersediaan air dalam sel-sel tumbuhan akan memengaruhi struktur anatominya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap karakteristik struktur anatomi akar, batang, dan daun *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Juli 2020. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 taraf perlakuan yang terdiri atas kontrol, cekaman kekeringan 5, 10, 15 dan 20 hari. Preparat sayatan organ batang dibuat dengan menggunakan metode tanpa paraffin. Preparat sayatan organ daun dan akar dibuat dengan menggunakan metode paraffin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan jaringan epidermis dan jaringan mesofil daun serta ketebalan jaringan epidermis batang. Cekaman kekeringan mengakibatkan peningkatan ukuran ketebalan jaringan epidermis daun dan batang pada perlakuan cekaman kekeringan 20 hari, yaitu secara berturut-turut 30 μm dan 93,51 μm , dibanding dengan perlakuan kontrol, yaitu secara berturut-turut, 24 μm dan 37,67 μm . Ketebalan jaringan mesofil pada organ daun pada perlakuan cekaman 20 hari lebih kecil (218 μm) dibanding dengan perlakuan kontrol (481 μm). Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya pengerutan hingga kerusakan sel-sel jaringan mesofil dan terbentuknya rongga antar sel pada jaringan korteks akar.

kondisi kekeringan, sehingga tumbuhan perlu menyesuaikan diri dengan lingkungan untuk mempertahankan hidupnya (Rehfeldt *et al.* 2001). Tumbuhan yang mengalami kekeringan pada waktu yang lama akan mengalami perubahan-perubahan morfologi,

anatomi, fisiologi, dan biokimia sebagai akibatnya dapat menyebabkan kematian (Suharti et al. 2017).

Nepenthes tergolong tumbuhan karnivora, hidup di lingkungan hutan tropis dengan kelembapan lebih dari 70%, dan tergolong tanaman yang peka terhadap kondisi kekeringan selama tahap pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga membutuhkan cukup air untuk melangsungkan hidupnya (Mansur 2007). Ketersediaan air yang cukup di dalam tanah sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu bagian tanaman yang sangat dipengaruhi oleh faktor ketersediaan air adalah ketebalan jaringan mesofil daun (Suharti et al. 2017). Perubahan ketebalan mesofil akan sangat berpengaruh pada laju fotosintesis dan ketebalan daun (Angraini et al. 2015).

Nepenthes mempunyai manfaat sebagai pengendali hayati serangga, tanaman hias yang unik, obat, dan penghasil protein (Purwati 1993; Mansur 2006; Witarto 2006; Mardhiana et al. 2007; Eilenberg et al. 2010). Kantong dan corak warna *Nepenthes* mempunyai nilai seni yang unik serta nilai ekonomi yang tinggi, sehingga banyak dieksploitasi untuk diperjualbelikan. Kebanyakan *Nepenthes* yang diperjualbelikan diambil langsung dari alam, bukan berasal hasil penangkaran atau budidaya, dan pada umumnya para pedagang tidak mengetahui status konservasi tumbuhan *Nepenthes* yang diperjualbelikan. Akibatnya eksistensi kantong semar di habitat aslinya justru terancam punah (Azwar et al. 2007; Damayanti & Roostika 2015).

Untuk mengurangi tingkat eksploitasi *Nepenthes* di habitat alaminya dapat dilakukan melalui usaha penangkaran atau budidaya *Nepenthes* di luar habitatnya. Keberhasilan budidaya akan tercapai jika *Nepenthes* yang dipelihara mampu beradaptasi dan bertahan terhadap berbagai cekaman lingkungan terutama cekaman kekeringan. Respons tumbuhan untuk beradaptasi pada kondisi tercekam dapat dilihat melalui pengamatan perubahan karakteristik anatomi organ tumbuhan.

Beberapa penelitian tentang efek cekaman kekeringan terhadap karakteristik anatomi telah dilaporkan. Suharti et al. (2017) melaporkan bahwa perubahan struktur anatomi daun Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lam.) terjadi setelah mengalami cekaman kekeringan. Semakin tercekam, ukuran panjang sel epidermis atas dan bawah daun semakin mengecil namun ukuran ketebalan daun semakin membesar. Chartzoulakis et al. (2002) menunjukkan bahwa tumbuhan avokad (*Persea americana* Mill.) yang menghadapi stres air (kekeringan) mengalami perubahan anatomi daun paling jelas, yaitu pada ketebalan jaringan epidermis yang semakin membesar dan jaringan palisade menjadi lebih kecil. Penelitian tentang struktur anatomi daun *Nepenthes* spp. sudah dilaporkan oleh Damayanti et al. (2015) dan Rizqiani et al. (2018), namun penelitian tentang

karakteristik anatomi *Nepenthes* yang tumbuh pada kondisi cekaman kekeringan belum pernah dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh cekaman kekeringan terhadap karakteristik akar, batang, dan daun *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi optimal untuk pertumbuhan *N. mirabilis* dalam proses budidaya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca (paranet) dan Laboratorium Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Penelitian dilakukan dari bulan Januari hingga Juli 2020 dengan serangkaian kegiatan meliputi persiapan bibit, penanaman dan pemeliharaan, perlakuan uji dan pembuatan preparat karakteristik anatomi akar, batang, dan daun *N. mirabilis*.

Persiapan bibit

Bahan penelitian yang digunakan berupa stek batang *N. mirabilis* yang bebas dari serangan hama dan penyakit dan berumur delapan bulan. Tinggi tanaman kurang lebih 20 cm, dengan jumlah daun sebanyak 6-8 helai. Stek berasal dari tumbuhan liar yang tumbuh di kebun karet milik warga di Desa Lesabela, Kecamatan Ledo, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat.

Penanaman dan pemeliharaan

Bibit *N. mirabilis* ditanam dalam polibag berisi tanah yang diambil dari tempat pembakaran serasah dan ranting tanaman. Polibag disusun pada rak penelitian yang bagian atasnya ditutupi paranet dengan intensitas penyinaran matahari yang tidak penuh, yaitu dengan penaungan 55%-65%. Pemeliharaan dilakukan dengan penanggulangan hama secara mekanis, yaitu dengan membuang hama atau mencabut gulma yang terdapat di sekitar tanaman.

Perlakuan uji

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan dalam penelitian ini berupa cekaman kekeringan pada tanaman *N. mirabilis* yang terdiri atas: [A] Kontrol (tanpa cekaman kekeringan atau stres air), [B] Perlakuan cekaman kekeringan selama 5 hari (tidak disiram selama 5 hari), [C] Perlakuan cekaman kekeringan selama 10 hari (tidak disiram selama 10 hari), [D] Perlakuan cekaman kekeringan selama 15 hari (tidak disiram selama 15 hari) dan [E] Perlakuan cekaman kekeringan selama 20 hari (tidak disiram selama

20 hari). Masing-masing perlakuan terdiri atas lima ulangan.

Semua tanaman dipelihara dan disiram setiap hari selama satu minggu sebelum diberi perlakuan cekaman kekeringan. Selanjutnya untuk tanaman kontrol, penyiraman tetap dilakukan setiap hari sebanyak dua kali sehari, yaitu pagi dan sore. Pada perlakuan cekaman kekeringan, penyiraman dilakukan sesuai dengan perlakuan. Pengamatan dilakukan satu hari setelah cekaman kekeringan berakhir pada perlakuan.

Pembuatan preparat

Preparat anatomi akar dan daun.

Preparat anatomi akar dan daun *N. mirabilis* (tidak termasuk kantong) dibuat dengan menggunakan metode Embedding (parafin). Potongan melintang akar sepanjang 1 cm diambil dari bagian pangkal. Potongan daun berukuran 1,5x1,5 cm dengan arah tegak lurus ibu tulang daun diambil dari daun ke-4 dari pucuk. Potongan akar dan daun difiksasi dengan FAA (Formalin-Asam Asetat Glisial-Alkohol), dilanjutkan proses pewarnaan dalam larutan Safranin 1%. Proses penarikan air keluar dari jaringan menggunakan alkohol bertingkat (70%, 80%, 96%, dan 100%) dilanjutkan dengan penarikan alkohol dari dalam jaringan dan penjernihan yang dilakukan secara bertahap menggunakan alkohol:xylol dengan perbandingan 3:1, 1:1, dan xylol absolut. Proses penyisipan parafin dan perendaman potongan akar dan daun di dalam campuran xylol:parafin dan parafin murni dilakukan di oven, dilanjutkan dengan proses penanaman sampel dalam blok parafin. Pengirisan blok parafin dengan ketebalan sayatan 6-10 μm dilanjutkan dengan penempelan pita parafin yang terbentuk pada gelas objek dan didiamkan semalaman. Tahap pewarnaan kedua dilakukan setelah proses perendaman preparat di dalam xylol absolut I, II, alkohol:xylol (1:3, 1:1 dan 3:1), alkohol 100%, 96%, 50%, dan 30% secara berturut-turut masing-masing selama lima menit. Preparat dicuci dengan akuades selama dua menit dan direndam dalam Safranin 1% (15-30 menit). Preparat direndam dalam akuades (dua menit), alkohol bertingkat (30%, 50%, 70%, dan 96%) masing-masing lima menit. Perendaman preparat dalam *fastgreen* 0,5% (tiga menit), dilanjutkan dengan alkohol 100%, alkohol:xylol (3:1, 1:1, dan 1:3 secara berurutan), xylol absolut I dan II masing-masing lima menit. Tahap akhir adalah penutupan preparat dengan kaca benda menggunakan Canada balsam yang dikeringkan di atas *hotplate*.

Preparat anatomi batang.

Preparat anatomi batang dibuat menggunakan metode tanpa parafin. Irisan melintang batang yang dibuat tipis, difiksasi dengan alkohol 70%. Irisan batang direndam dalam Safranin 1% selama 24 jam. Proses

penarikan air keluar dari jaringan irisan batang menggunakan alkohol bertingkat (70%, 80%, 90% dan 100%) dilanjutkan tahap penarikan alkohol dari dalam jaringan dan penjernihan irisan batang dalam alkohol:xylol (3:1, 1:1, 1:3) dan xylol absolut. Irisan batang ditutup dengan kaca objek menggunakan Canada balsam dan dikeringkan di atas *hotplate*.

Pengamatan

Parameter ketebalan jaringan epidermis adaksial dan mesofil daun diukur untuk melihat perubahan anatomi daun. Parameter ukuran epidermis dan korteks akar juga diamati. Perubahan anatomi batang ditentukan dengan mengamati ketebalan epidermis dan korteks. Semua pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop pada pembesaran obyektif 10x dan 40x. Data merupakan nilai rata-rata hasil pengukuran pada lima bidang pandang dari masing-masing ulangan setiap parameter.

Analisis data

Data dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA). Hasil yang menunjukkan beda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 5% dengan menggunakan *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan pada sayatan melintang daun *N. mirabilis* tanpa perlakuan dan dengan perlakuan cekaman menunjukkan bahwa pada permukaan atas dan permukaan bawah daun hanya tersusun dari satu lapisan epidermis dengan kutikula yang tipis. Sel epidermis daun tanpa perlakuan dan dengan perlakuan cekaman kekeringan berbentuk persegi. Di bawah lapisan epidermis terdapat 1-2 lapisan hipodermis. Jaringan mesofil keduanya tersusun atas sel-sel parenkim yang tidak terdiferensiasi menjadi jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Namun, tanaman yang tidak mengalami cekaman memiliki sel mesofil yang lebih tebal dibandingkan perlakuan cekaman kekeringan. Sel mesofil daun pada perlakuan cekaman kekeringan mengalami pengerutan, sehingga mempengaruhi ketebalan jaringan mesofil daun (Tabel 1).

Sel epidermis pada sayatan melintang batang *N. mirabilis* pada setiap perlakuan memiliki bentuk yang sama yaitu berupa lempengan dan tersusun atas satu lapis sel (Gambar 2 A-E). Tanaman tanpa cekaman air memiliki ukuran ketebalan jaringan epidermis yang paling kecil dan berbeda nyata dengan perlakuan lain (Tabel 2). Sel korteks dari sayatan melintang batang *N. mirabilis* dari semua perlakuan menunjukkan bentuk yang sama

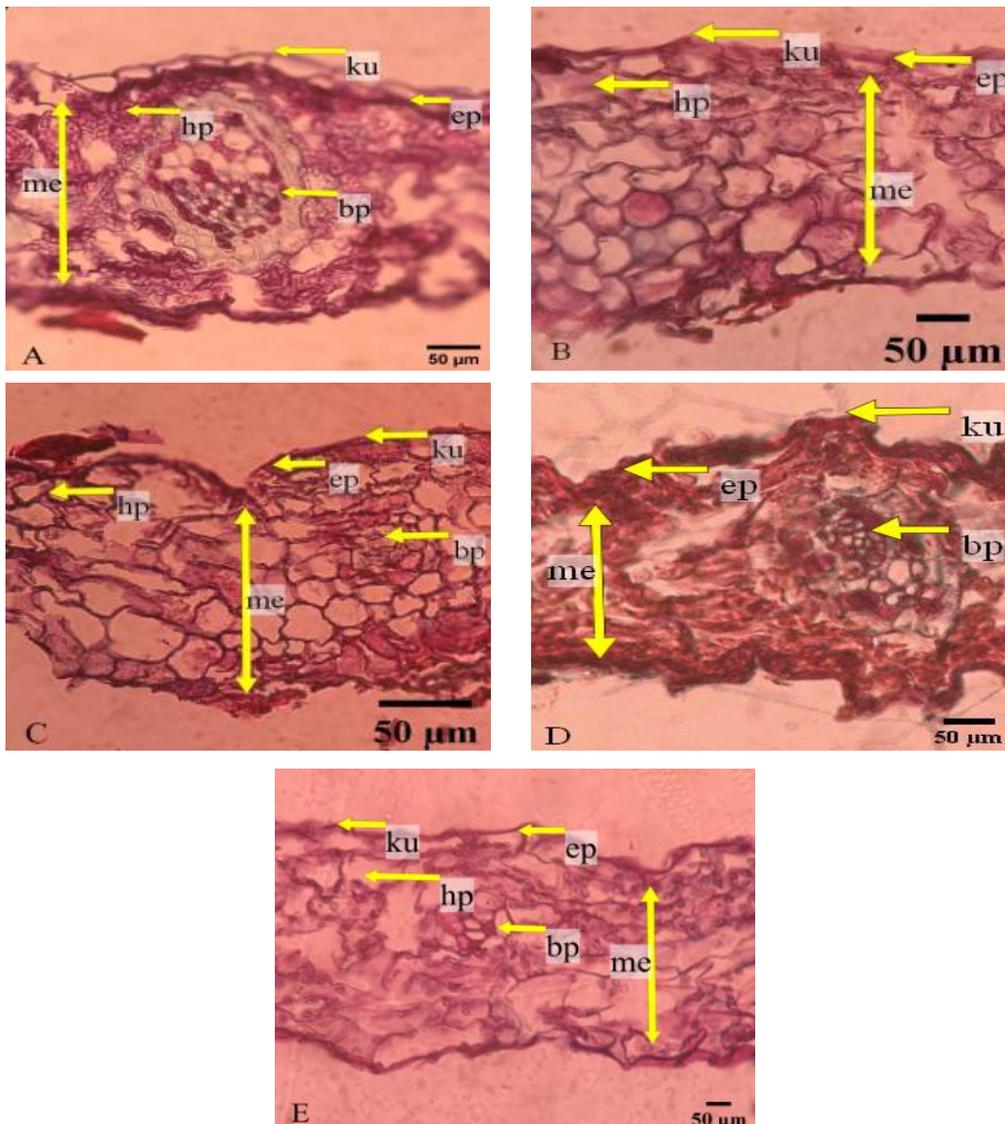
(Gambar 2). Sel-sel korteks batang pada tanaman tanpa cekaman air tersusun rapat sedangkan pada perlakuan cekaman kekeringan terdapat gelembung udara atau ruang antar sel.

Jaringan epidermis akar pada perlakuan kontrol dan perlakuan cekaman tersusun atas satu lapis sel akan tetapi tidak menunjukkan bentuk sel yang jelas. Hal ini diduga karena fiksasi jaringan yang tidak sempurna, sehingga terjadi pengerutan jaringan yang berdampak pada bentuk sel. Goldstein *et al.* (2003) melaporkan bahwa fiksasi berkepanjangan dapat menyebabkan hilangnya reaktivitas antigen, penyusutan, dan pengerasan spesimen. Talbot & White (2013) menyatakan bahwa setelah proses fiksasi, jaringan hewan dan tumbuhan dapat menyusut hingga 67-75% dari ukuran aslinya, baik volume, panjang ataupun lebarnya. Susunan sel korteks pada perlakuan kontrol memiliki susunan yang rapat, sedangkan pada perlakuan cekaman kekeringan menunjukkan adanya kerusakan sel dan terdapat ruang

antar sel. Sistem jaringan pembuluh pada sayatan melintang akar pada semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan. Jaringan pembuluh menunjukkan berkas pembuluh yang tersusun secara radial.

Karakteristik anatomi daun *Nepenthes mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Pengamatan sayatan melintang daun *N. mirabilis* pada perlakuan kontrol, cekaman kekeringan 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari (Gambar 1 A-E) memperlihatkan sistem jaringan dengan batasan yang jelas. Berdasarkan hasil sayatan melintang daun, ditemukan struktur yang meliputi kutikula, epidermis, mesofil yang tidak dapat dibedakan menjadi lapisan palisade dan bunga karang, dan berkas pembuluh. Kutikula ditemukan di permukaan atas dan bawah daun. Sel-sel jaringan mesofil pada perlakuan cekaman 15 hari dan 20 hari menunjukkan adanya kerusakan sel-sel yang tidak beraturan pada jaringan mesofil (Gambar 1 D-E).



Gambar 1. Sayatan melintang daun *N. mirabilis*: (A) kontrol, (B) cekaman 5 hari, (C) cekaman 10 hari, (D) cekaman 15 hari, dan (E) cekaman 20 hari. (ep) epidermis, (ku) kutikula, (me) mesofil, (hp) hipodermis, dan (bp) berkas pembuluh. Pembesaran 100x

Pemberian perlakuan cekaman kekeringan memberikan pengaruh yang nyata terhadap ketebalan jaringan epidermis atas ($F_{4,20} = 4,019$ $p = 0,015$; Anova) dan ketebalan jaringan mesofil ($F_{4,20} = 4,803$ $p = 0,007$; Anova) daun tanaman *N. mirabilis*. Rerata ketebalan jaringan epidermis terbesar yaitu 30 μm pada perlakuan cekaman 20 hari, sedangkan rerata ketebalan jaringan mesofil terbesar yaitu 481 μm pada perlakuan kontrol (Tabel 1).

Tabel 1. Ketebalan jaringan epidermis atas dan mesofil pada sayatan melintang daun *N. mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Perlakuan	Parameter pengamatan	
	Ketebalan jaringan epidermis atas (μm)	Ketebalan jaringan mesofil (μm)
Kontrol	24 \pm 2,23abc	481 \pm 86,84c
Cekaman 5 hari	19 \pm 2,23a	374 \pm 55,72bc
Cekaman 10 hari	22 \pm 2,73ab	352 \pm 150,23abc
Cekaman 15 hari	29 \pm 8,21bc	272 \pm 80,74ab
Cekaman 20 hari	30 \pm 7,07c	218 \pm 114,92a

Keterangan: *Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf kepercayaan 5%

Karakteristik anatomi batang *Nepenthes mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Sayatan melintang batang *N. mirabilis* dengan perlakuan kontrol, cekaman 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari memperlihatkan lima sistem jaringan, yaitu jaringan epidermis, korteks, periderm, pembuluh (xilem dan floem) dan empulur dengan batasan yang jelas (Gambar 2). Sel-sel epidermis batang *N. mirabilis* pada perlakuan kontrol, cekaman 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 20 hari memiliki bentuk berupa lempengan (Gambar 2 A-E). Sel korteks pada perlakuan kontrol, cekaman 5, 10, 15, dan 20 hari menunjukkan persamaan yaitu berbentuk segi lima sampai segi enam, namun pada perlakuan cekaman 20 hari (Gambar 2 D) menunjukkan adanya ruang antar sel.

Pemberian perlakuan cekaman kekeringan memberikan pengaruh yang nyata terhadap ketebalan jaringan epidermis batang ($F_{4,20} = 5,632$ $p = 0,003$; Anova), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan jaringan korteks batang ($F_{4,20} = 1,689$ $p = 0,192$; Anova). Ketebalan jaringan epidermis batang terbesar yaitu 93,51 μm pada perlakuan cekaman 20 hari. Untuk parameter ketebalan jaringan korteks hasil uji tidak berpengaruh nyata, hasil ini cenderung menunjukkan ukuran ketebalan jaringan korteks semakin kecil seiring meningkatnya lama waktu cekaman (Tabel 2).

Tabel 2. Ketebalan jaringan epidermis dan korteks pada sayatan melintang batang *N. mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Perlakuan	Parameter pengamatan	
	Ketebalan jaringan epidermis (μm)	Ketebalan jaringan korteks (μm)
Kontrol	37,67 \pm 7,83a	597 \pm 221,09
Cekaman 5 hari	91,00 \pm 23,55b	597 \pm 152,25
Cekaman 10 hari	76,00 \pm 11,93b	534 \pm 184,64
Cekaman 15 hari	73,50 \pm 10,70b	442 \pm 97,69
Cekaman 20 hari	93,51 \pm 36,58b	392 \pm 104,68

Keterangan: *Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf kepercayaan 5%

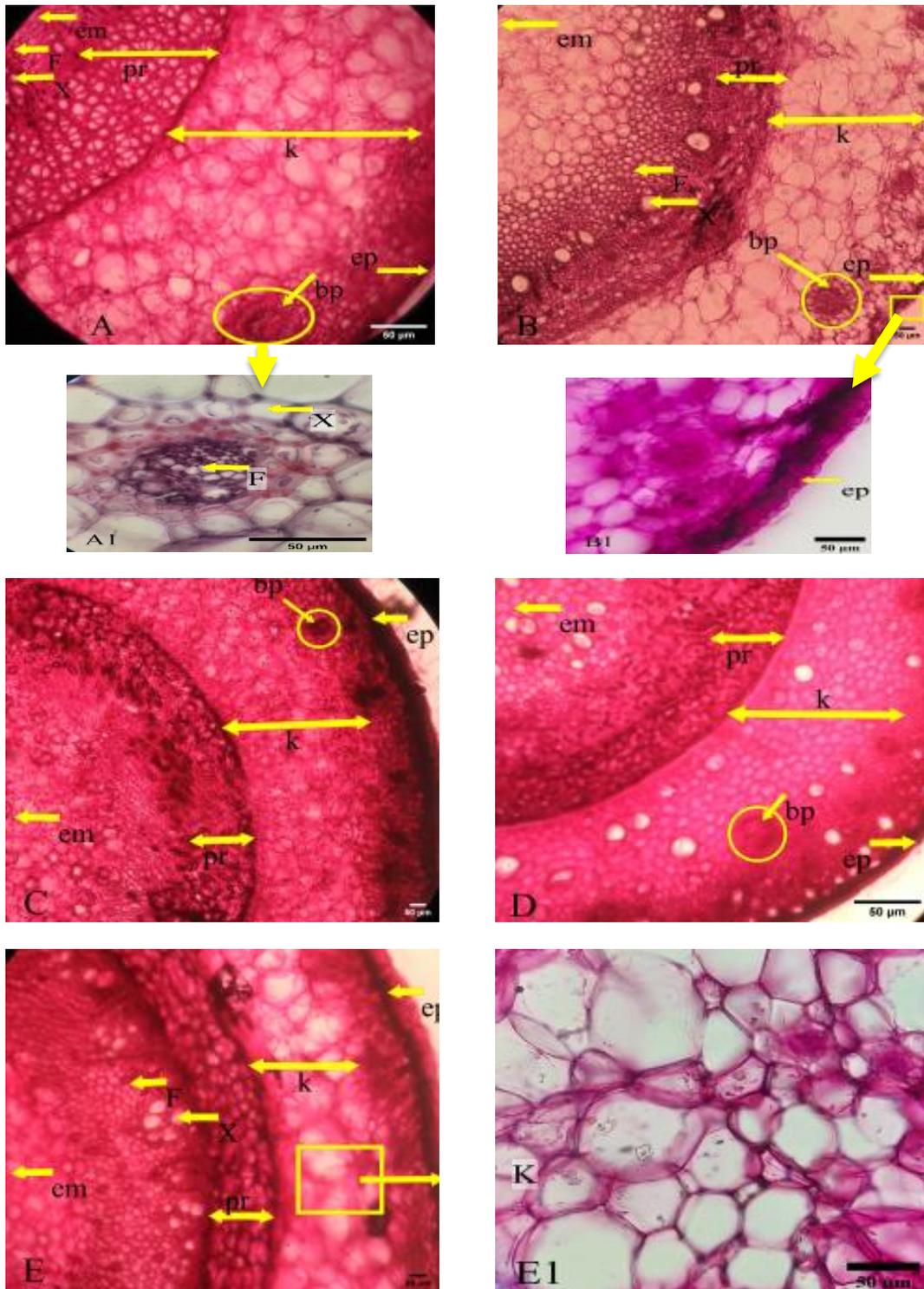
Karakteristik anatomi akar *Nepenthes mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Sayatan melintang akar *N. mirabilis* dengan perlakuan kontrol, cekaman kekeringan selama 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 20 hari memiliki susunan jaringan dari luar ke dalam, yaitu jaringan periderm, jaringan epidermis, jaringan korteks dan jaringan pembuluh, dengan batas-batas yang jelas (Gambar 3). Sel korteks dari sayatan melintang akar *N. mirabilis* pada perlakuan kontrol memiliki bentuk yang sama dengan semua perlakuan cekaman kekeringan, yaitu berbentuk bulat telur. Namun pada perlakuan cekaman kekeringan selama 15 hari dan 20 hari (Gambar 3 D-E) menunjukkan adanya kerusakan sel dan terbentuknya ruang antar sel. Sel berkas pembuluh floem pada sayatan melintang akar *N. mirabilis* pada kontrol, cekaman kekeringan selama 5, 10, 15 dan 20 hari memiliki bentuk segi lima sampai segi enam. Sel-sel xilem tidak memiliki perbedaan bentuk, yaitu bulat telur sampai bulat cincin (Gambar 3 E2).

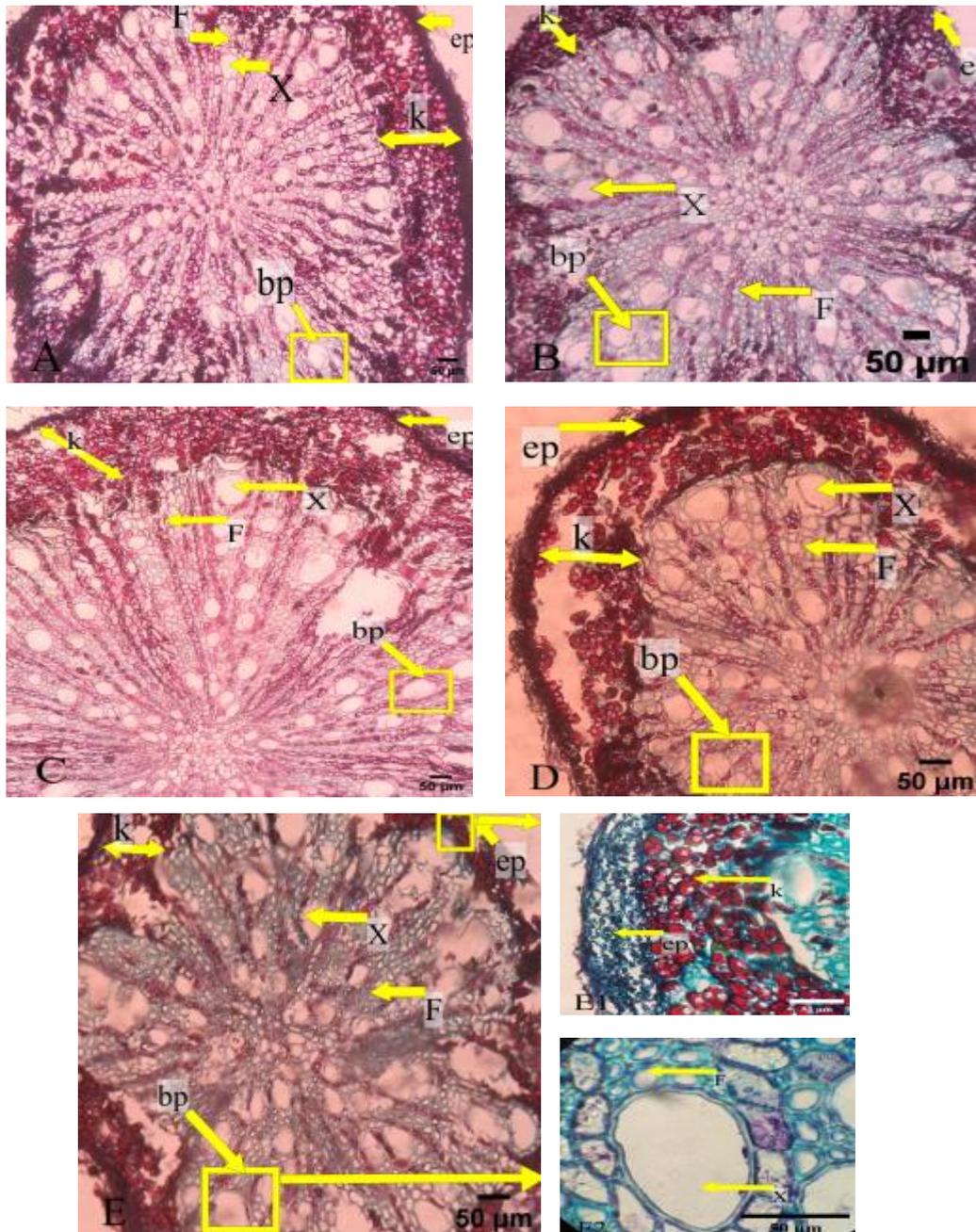
Perlakuan cekaman kekeringan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap ketebalan jaringan epidermis akar ($F_{4,20} = 0,472$ $p = 0,756$; Anova) dan ketebalan jaringan korteks akar ($F_{4,20} = 0,543$ $p = 0,706$; Anova). Ketebalan jaringan epidermis akar terbesar yaitu 66 μm pada perlakuan cekaman 10 hari dan ketebalan jaringan korteks akar terbesar yaitu 144 μm pada perlakuan cekaman 10 hari (Tabel 3).

Tabel 2. Ketebalan jaringan epidermis dan korteks pada sayatan melintang akar *N. mirabilis* setelah perlakuan cekaman kekeringan

Perlakuan	Parameter pengamatan	
	Ketebalan jaringan epidermis (μm)	Ketebalan jaringan korteks (μm)
Kontrol	46 \pm 21,62	139 \pm 48,91
Cekaman 5 hari	41 \pm 33,61	111 \pm 45,05
Cekaman 10 hari	66 \pm 56,94	144 \pm 78,93
Cekaman 15 hari	42 \pm 10,95	110 \pm 13,69
Cekaman 20 hari	51 \pm 23,02	134 \pm 30,90



Gambar 2. Sayatan melintang batang *N. mirabilis*: (A) kontrol, (B) cekaman 5 hari, (C) cekaman 10 hari, (D) cekaman 15 hari, dan (E) cekaman 20 hari. (X) xilem, (F) floem, (ep) epidermis, (bp) berkas pembuluh, (pr) periderm, (em) empulur, dan (k) korteks. Pembesaran 100x



Gambar 3. Sayatan melintang akar *N. mirabilis*: (A) kontrol, (B) cekaman 5 hari, (C) cekaman 10 hari, (D) cekaman 15 hari, dan (E) cekaman 20 hari. (ep) epidermis, (k) korteks, (bp) berkas pembuluh, (X) xilem, dan (F) floem. Pembesaran 10x10

Hasil analisis tanaman *N. mirabilis* menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan lapisan epidermis dan ketebalan lapisan mesofil daun. Namun demikian, pada hasil uji lanjut, perlakuan kontrol tidak memiliki perbedaan yang nyata dengan perlakuan cekaman 5, 10, 15, dan 20 hari. Nilai ketebalan lapisan epidermis yang paling tebal adalah pada perlakuan cekaman 20 hari yaitu 30 µm dan lapisan epidermis yang paling tipis adalah pada perlakuan cekaman lima hari yaitu 19 µm. Perubahan anatomi daun yang terjadi terlihat pada ketebalan jaringan epidermis atas memiliki ketebalan yang semakin membesar. Penyusutan ketebalan jaringan pada keadaan kekeringan diduga untuk meminimalisir kehilangan air

melalui transpirasi selama periode cekaman agar potensial air sel tetap terjaga. Hal ini diperkuat oleh Tuasamu (2009) yang menyatakan bahwa selama keadaan cekaman kekeringan, laju pertumbuhan dan perkembangan daun muda terhambat sehingga terjadi pengerutan sel, keadaan ini disebabkan oleh kurangnya suplai air yang dibutuhkan untuk proses metabolisme dan fisiologi selama fase pertumbuhan tanaman. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Ninilouw *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa penambahan ukuran ketebalan sel epidermis terjadi pada daun jabon putih (*Anthocephalus cadamba*) usia lima bulan yang diberi perlakuan kapasitas lapang (KL) 25%. Chartzoulakis *et al.* (2002) juga menerangkan bahwa tanaman avokad (*Persea americana*)

yang mengalami kekeringan mengalami perubahan anatomi daun paling jelas yaitu pada ketebalan jaringan epidermis yang semakin membesar dan jaringan palisade menjadi lebih kecil.

Berdasarkan hasil pengamatan struktur anatomi pada sayatan melintang daun (Gambar 1 A-E) menunjukkan bahwa terdapat perubahan bentuk dan ukuran jaringan mesofil pada daun. Mesofil daun tidak dapat dibedakan antara jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Pavlovic *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa lapisan mesofil *N. alata* dan *N. mirabilis* tidak bisa dibedakan menjadi lapisan palisade dan bunga karang.

Kerusakan sel-sel pada jaringan mesofil terdapat pada perlakuan cekaman 15 hari dan cekaman 20 hari (Gambar 1 D-E). Tabel 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol memiliki mesofil lebih tebal yaitu 481 μm dibandingkan dengan perlakuan cekaman kekeringan 20 hari yaitu 218 μm . Penurunan tebal mesofil pada tanaman perlakuan kekeringan diduga karena adanya pengerutan jaringan yang berdampak pada dehidrasi sel, sehingga mempengaruhi proses fotosintesis. Tanaman yang kekurangan asupan air akan berusaha memberikan respons perubahan anatomi dan fisiologi sebagai usaha untuk menerima, menghindari dan menetralkan pengaruh dari cekaman (Rosawanti *et al.* 2015). Menurut Arifai (2009), pada saat tanaman berada dalam kondisi cekaman kekeringan terjadi penurunan tekanan turgor pada seluruh sel mesofil daun seperti palisade dan bunga karang yang mengakibatkan terjadinya gangguan fotosintesis di daun. Hal ini juga terjadi karena adanya adaptasi dari organ daun yang mengalami kekurangan jumlah asupan air. Ketebalan jaringan mesofil akan sangat ditentukan oleh lingkungan, seperti faktor ketersediaan air. Hal ini akan memberikan efek terhadap menurunnya laju fotosintesis dan ketebalan daun (Anggraini *et al.* 2015). Perlakuan kekeringan mengakibatkan penurunan kadar air relatif daun yang mengakibatkan turgiditas sel daun menjadi turun sebagai akibatnya terjadi pengerutan sampai kerusakan pada sel daun. Hal ini diduga akan mengganggu transpor hasil fotosintesis. Sopandie (2014) menyatakan bahwa kondisi defisit air mengakibatkan penutupan stomata yang berdampak pada dehidrasi sel mesofil daun dan pengerutan jaringan floem.

Struktur anatomi batang tanaman *N. mirabilis* mempunyai ciri berkas pembuluh melingkar. Menurut Biati (2012), batang *Nepenthes* spp. mengalami anomali, yaitu adanya berkas pembuluh yang terletak di bawah epidermis selain berkas pembuluh primer. Tipe berkas pembuluh tersebut adalah tipe amfivasal, yaitu floem dikelilingi oleh xilem (Esau 1977). Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan memberikan efek nyata terhadap ketebalan lapisan epidermis batang. Tebal lapisan jaringan epidermis

terkecil adalah pada perlakuan kontrol yaitu 37,67 μm dan ketebalan jaringan epidermis terbesar pada perlakuan cekaman 20 hari yaitu 93,51 μm (Tabel 2). Perubahan ini diduga sebagai salah satu cara tanaman untuk mengurangi proses terjadinya kehilangan air, karena persediaan air yang mulai berkurang. Ninilouw *et al.* (2015) menunjukkan adanya peningkatan ketebalan lapisan epidermis dan penurunan ukuran panjang sel epidermis dari perlakuan kapasitas lapang (KL) 25% pada batang jabon putih (*A. cadamba*) dibandingkan perlakuan kapasitas lapang (KL) 100%.

Nilai ketebalan jaringan korteks batang yang paling tebal adalah pada perlakuan kontrol yaitu 597 μm dan paling tipis adalah pada cekaman 20 hari yaitu 392 μm (Tabel 2). Hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan kontrol dan perlakuan cekaman kekeringan yang diberikan. Jadi, pemberian cekaman kekeringan tidak berdampak terhadap ketebalan jaringan korteks batang. Melo *et al.* (2014) menyatakan bahwa sel parenkim korteks pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan menjadi mengerut, sehingga selnya mengecil. Ketebalan lapisan korteks berhubungan dengan kapasitas penyimpanan air dan adanya peningkatan jumlah sel dalam jaringan korteks dapat menaikkan toleransi tanaman terhadap kondisi cekaman kekeringan.

Ketebalan jaringan epidermis akar pada perlakuan cekaman lima hari lebih kecil dibandingkan dengan ketebalan epidermis pada perlakuan kontrol (Tabel 3). Namun hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan kontrol dan perlakuan cekaman kekeringan yang diberikan. Oleh karena itu dapat dianggap bahwa pemberian cekaman kekeringan tidak berdampak terhadap ketebalan jaringan epidermis dan korteks akar. Menurut Basu *et al.* (2016), sebagai salah satu bentuk adaptasi tanaman untuk mengurangi proses terjadinya kehilangan air bisa dilihat dari ketebalan jaringan epidermisnya.

Sel-sel korteks sayatan melintang akar *N. mirabilis* cekaman 15 hari dan cekaman 20 hari (Gambar 3 D-E) memiliki bentuk bulat, menunjukkan terjadinya kerusakan, sehingga terbentuk rongga antar sel di dalam jaringan korteks. Hal ini diduga merupakan bentuk adaptasi tanaman *N. mirabilis* terhadap cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan dapat menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung gas berupa uap air dan kemudian menjadi gelembung udara yang terperangkap dalam xilem (Seperry & Tyree 1988). Hal tersebut akan membatasi aliran air menuju kanopi serta dan menghambat aliran air yang dapat menyebabkan kematian tajuk, batang bahkan seluruh tanaman (Tyree *et al.* 1999). Menurut Colmer (2003), ruang antar sel yang terbentuk pada jaringan korteks merupakan mekanisme adaptasi tanaman untuk memperlancar pergerakan

oksigen dan gas lain di dalam akar. Ketebalan jaringan korteks akar pada perlakuan cekaman 10 hari memiliki ketebalan jaringan paling besar yaitu 144 μm (Tabel 3). Adanya penebalan ukuran korteks pada keadaan cekaman kekeringan diduga merupakan adaptasi dari tumbuhan untuk meningkatkan jalan air dan efisiensi penggunaan air. Griffiths dan Parry (2002) menyatakan bahwa pada kondisi cekaman kekeringan, jaringan parenkim akan mengalami penebalan dan ukuran sel lebih membesar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Lamanya waktu cekaman kekeringan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap peningkatan ketebalan jaringan epidermis daun dan epidermis batang serta menyebabkan penurunan ketebalan jaringan mesofil pada daun *N. mirabilis*. Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya pengerutan hingga kerusakan sel-sel jaringan mesofil dan terbentuknya rongga antar sel pada jaringan korteks akar *N. mirabilis*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada FMIPA Universitas Tanjungpura yang telah mendanai penelitian melalui DIPA tahun anggaran 2021 dengan Nomor kontrak: SP DIPA-023.17.2.677517/2021.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraini N, Faridah E, Indrioko S. 2015. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap perilaku fisiologis dan pertumbuhan bibit black locust (*Robinia pseudoacacia*). Jurnal Ilmu Kehutanan 9(1): 40-56.

Arifai M. 2009. Respon anatomi daun dan parameter fotosintesis tumbuhan padi gogo, caisim, *Echinochloa crusgalli* L. dan bayam pada berbagai cekaman kekeringan. Institut Pertanian Bogor. Retrieved from repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/.../2009mar1.pdf.

Azwar F, Kunarso A, Rahman ST. 2007. Kantong semar (*Nepenthes* sp.) di hutan Sumatera. Tanaman unik yang semakin langka. Makalah Penunjang pada Ekspose Hasil-Hasil Penelitian. Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan. (Online), (<http://www.dephut.go.id>, diakses 5 September 2012).

Basu S, Ramegowda V, Kumar A, Pereira A. 2016. Plant adaptation to drought stress. F1000 Research 5: 1554. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>.

Biati NYK. 2012. Studi anatomi dan struktur sekretori tanaman kantong semar (*Nepenthes* spp.).

Departemen Biologi. FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Chartzoulakis K, Patakas A, Kofidis G, Bosabalidis A, Nastou A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Horticulturae 95: 39-50.

Colmer TD. 2003. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deepwater rice (*Oryza sativa* L.). Annals of Botany 91(2): 301-309. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf114>.

Damayanti F, Roostika I, Muhammad M. 2015. Kajian morfologi, sitologi, dan struktur anatomi daun *Nepenthes* spp. asal Kalimantan Barat. Bioedukasi 8(2): 5-11.

Damayanti F, Roostika I. 2015. Variasi somaklonal tanaman kantong semar (*Nepenthes mirabilis* dan *N. gracilis*) secara in vitro dengan mutagen kimia kolkisin. Faktor Exacta 8(3): 242-249.

Eilenberg H, Cohen SP, Rahamin Y, Sionov E, Segal E, Carmeli S, Zilberstein A. 2010. Induced production of antifungal naphthoquinones in the pitchers of the carnivorous plant *Nepenthes khasiana*. Journal Experimental Botany 61(3): 911-922. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp359>.

Embale A, Hussein M, Husen A, Sahile S, Mohammed K. 2016. Differential sensitivity of *Pisum sativum* L. cultivars to water-deficit stress: changes in growth, water status, chlorophyll fluorescence and gas exchange attributes. Journal of Agronomy 15(2): 45-57.

Esau K. 1977. Anatomy of Seed Plants. John Wiley & Son. inc., New York.

Goldstein NS, Ferkowicz M, Odish E, Mani A, Hastah F. 2003. Minimum formalin fixation time for consistent estrogen receptor immunohistochemical staining of invasive breast carcinoma. American Journal Clinical Pathology 120: 86-92. DOI: 10.1309/QPHDRB00QXGMUQ9N

Griffiths H, Parry MAJ. 2002. Plant responses to water stress. Annals of Botany 89(7): 801-802. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf159>.

Mansur M. 2006. *Nepenthes*, Kantong Semar yang unik. Penebar Swadaya, Jakarta.

Mansur M. 2007. Keanekaragaman jenis *Nepenthes* spp. (kantong semar) dataran rendah di Kalimantan Tengah. Berita Biologi 8(5): 335-341.

Mardhiana, Herdiansyah, Mansyur N. 2007. Potensi *Nepenthes* sebagai herbal berkhasiat. Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing DP2M, Ditjen, Dikti. Universitas Borneo, Tarakan.

Melo EF, Fernandes-Brum CN, Pereira FJ, Castro DE, Chalfun-Junior A. 2014. Anatomical and physiological modifications in seedlings of *Coffea*

- arabica* cultivar *siriema* under drought conditions. *Ciencia e Agrotecnologia Lavras* 38(1): 25-33. <https://doi.org/1.1590/S1413-70542014000100003>.
- Ninilouw JP, Mukarlina, Riza L. 2015. Struktur anatomi akar batang dan daun jabon putih (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq.) yang mengalami cekaman dan genangan. *Jurnal Protobiont* 4(2): 113-120.
- Pavlovic A, Masarovicova E, Hudak J. 2007. Carnivorous syndrome in Asian pitcher plants of the genus *Nepenthes*. *Annals of Botany* 100(3): 527-536. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm145>.
- Purwati S. 1993. Studi isolasi senyawa batang tanaman kantong semar (*N. gymnamphora*) dalam fraksi netral dan penentuan struktur molekulnya. Penelitian Tanaman Obat di beberapa Perguruan Tinggi di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Rehfeldt GE, Wykoff WR, Ying CC. 2001. Physiologic plasticity, evolution, and impacts of a changing climate on *Pinus contorta*. *Climatic Change* 50(3): 355-376. <https://doi.org/10.1023/A:1010614216256>.
- Rizqiani S, Ariyanti NS, Sulistijorini. 2018. Anatomical characters used for deining five species of *Nepenthes* from Bangka Belitung Islands, Indonesia. *Journal of Tropical Life Science* 8(3): 311-322. <https://doi.org/10.11594/jtls.08.03.14>.
- Rosawanti P, Ghulamahdi M, Khumaida N. 2015. Respon anatomi dan fisiologi akar kedelai terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Agronomi Indonesia* 43(3): 186-192. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11243>.
- Sopandie D. 2014. Fisiologi Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika, IPB Press, Bogor.
- Sperry JS, Tyree MT. 1988. Mechanism of water stressinduced xilem embolism. *Plant Physiology* 88(3): 581-587. <https://doi.org/10.1104/pp.88.3.581>.
- Suharti, Gusmalawati D, Mukarlina. 2017. Struktur anatomi akar, batang dan daun Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) yang mengalami cekaman kekeringan. *Jurnal Protobiont* 6(2): 38-44.
- Talbot MJ, White, RG. 2013. Methanol fixation of plant tissue for Scanning Electron Microscopy improves preservation of tissue morphology and dimensions. *Plant Methods* 9(36): 1-7. <http://www.plantmethods.com/content/9/1/36>
- Tuasamu Y. 2009. Toleransi Hotong (*Setaria italica* L. Beauv) pada berbagai cekaman kekeringan: pendekatan anatomi dan fisiologi. Tesis, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tyree MT, Salleo S, Nardini A, Gullo MAL, Mosca R. 1999. Refilling of embolized vessels in young stems of laurel. Do we need a new paradigm? *Plant Physiology* 120(1): 11-22.
- Witarto AB. 2006. Protein pencernaan di kantong semar. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. <http://www.lipi.go.id>. Diakses 13 Juni 2006.