

# Karakter Anatomi Daun sebagai Bentuk Adaptasi Tumbuhan Penyusun Zonasi Mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah

Eka Fatmawati Tihurua\*, Esthi Liani Agustiani dan Kusuma Rahmawati

Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl. Raya Jakarta-Bogor, Km. 46, Cibinong, Jawa Barat 16911 Indonesia  
Email: etihurua@gmail.com

## Abstract

### Character of leaf anatomy as form of plant adaptation on mangrove zonation in Banggai Islands, Central Celebes

Mangrove is an essential ecosystem that are located in the transition area of fresh and sea water. Therefore, species that grow are typical species that are able to adapt to the saline environment. The aim of this research is to characterize leaf anatomical structure for every species that compose the communities found in each mangrove zonations, including their similarities and dissimilarities characteristic. Sampling of examined leaf was carried out in the mangrove areas of Peling Island and Bakalan Island by making plots in four sites of the mangrove ecosystem area. Methods for leaf anatomical preparations were carried out using the paraffin-tert-butanol and paradermal sections. Anatomical characters as an adaptation to saline habitat are found in all species of mangrove plants, including thick cuticle and epidermal cells, thick leaves and water-storage tissue (hypodermis). In addition, there is found the presence of cork warts and sclereid as characteristic of the genus *Rhizophora*. Based on quantitative character observations, the mesophyll (palisade to sponge) ratio range from  $0.28 \pm 0.04 \mu\text{m}$  to  $1.19 \pm 0.42 \mu\text{m}$ , leaf thickness ratio  $289,41 \pm 38,21 \mu\text{m}$  to  $695,20 \pm 97,50 \mu\text{m}$  and the highest stomata density is owned by *Lumnitzera littorea*.

**Keywords:** cork warts; hypodermis; mesophyll ratio; saline

## Abstrak

Mangrove merupakan ekosistem esensial yang berada di daerah peralihan air tawar dan air laut. Oleh karena itu, spesies-spesies yang tumbuh adalah spesies khas yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan *saline*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi struktur anatomi daun pada setiap spesies penyusun komunitas di masing-masing zonasi mangrove serta persamaan dan perbedaan karakter masing-masing spesies penyusunnya. Pengambilan sampel penelitian daun dilakukan di kawasan mangrove Pulau Peling dan Pulau Bakalan dengan membuat plot di empat titik kawasan ekosistem mangrove. Pembuatan preparat anatomi daun dilakukan dengan metode paraffin-tert-butanol dan sayatan paradermal. Karakter anatomi sebagai bentuk adaptasi terhadap habitat *saline* ditemukan di seluruh spesies tumbuhan mangrove antara lain kutikula dan epidermis yang tebal, daun yang tebal serta jaringan penyimpan air (hipodermis). Selain itu, ditemukan ciri khas daripada genus *Rhizophora* yaitu keberadaan cork warts dan sklereid. Hasil pengamatan karakter secara kuantitatif, rasio mesofil (*palisade* terhadap *sponge*) berkisar antara  $0,28 \pm 0,04 \mu\text{m}$  hingga  $1,19 \pm 0,42 \mu\text{m}$ , rasio ketebalan daun berkisar antara  $289,41 \pm 38,21 \mu\text{m}$  hingga  $695,20 \pm 97,50 \mu\text{m}$ , dan kerapatan stomata tertinggi dimiliki oleh *Lumnitzera littorea*.

**Kata kunci :** cork warts; hipodermis; rasio mesofil; saline

## PENDAHULUAN

Mangrove merupakan ekosistem yang tumbuh pada kawasan pesisir yang berada

di daerah peralihan air tawar dan air laut. Berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2009 disebutkan bahwa luasan mangrove di Indonesia

mencapai ±3,2 juta hektar (Saputro, 2009) dan hal ini menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara dengan ekosistem *mangrove* yang terluas. Kekayaan spesies *mangrove* di Indonesia tergolong besar yaitu 40 spesies dari total 52 spesies yang termasuk dalam spesies-spesies *mangrove* sejati (Giesen *et al.*, 2006).

Ekosistem *mangrove* mempunyai karakter yang unik dibandingkan dengan tipe ekosistem lainnya karena adanya pembentukan zonasi. Pembentukan zonasi tersebut dipengaruhi antara lain oleh geomorfologi, adaptasi terhadap salinitas, pengaruh pasang surut dan lingkungan kimia fisik (Lugo dan Snedaker, 1974; Snedaker, 1982; Giesen *et al.*, 2006). Umumnya, zonasi yang terbentuk mempunyai komposisi dan struktur spesies yang berbeda karena terdapat proses adaptasi masing-masing spesies terhadap habitatnya.

Salah satu bentuk adaptasi yang dapat diamati adalah struktur anatomi. Struktur anatomi yang terbentuk memiliki karakter khas yang berbeda dibandingkan tumbuhan terestrial karena adaptasinya terhadap lingkungan yang *saline*. Spesies-spesies *mangrove* memiliki struktur anatomi menyerupai tumbuhan yang hidup dengan kecaman kering (bersifat *xerophytic*) (Lugo dan Snedaker, 1974), antara lain memiliki jaringan penyimpan air yang hadir di bagian bawah jaringan epidermis (Seshavatharam dan Srivalli, 1989), letak stomata tenggelam, kutikula dan daun tebal (Kathiresan dan Bingham, 2001). Struktur jaringan yang hadir sebagai bentuk adaptasi yang berfungsi dalam kegiatan metabolisme (i.e. fotosintesis, transpirasi dan respirasi). Beberapa penelitian yang mengkaji mengenai adaptasi tumbuhan *mangrove* terhadap lingkungannya antara lain kerapatan stomata terhadap salinitas (Peel *et al.*, 2017) dan karakter anatomi tumbuhan *mangrove* sebagai bentuk adaptasi terhadap habitatnya (Lucena *et al.*, 2011; Nurnida *et al.*, 2012; Vinoth *et al.*, 2019).

Sesuai dengan teori pembentukan zonasi ekosistem *mangrove*, kehadiran jenis pada setiap zonasi yang berbeda diduga memiliki karakternya tersendiri. Namun

demikian, belum ada informasi mengenai adaptasi spesies pada masing-masing zonasi ekosistem *mangrove*. Oleh karena itu, berdasarkan hal-hal di atas, penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan karakter struktur anatomi daun pada setiap spesies penyusun komunitas di masing-masing zonasi *mangrove* dan persamaan dan/atau perbedaan karakter masing-masing spesies penyusun *mangrove* sebagai bentuk adaptasinya terhadap perbedaan zonasi yang ditempatinya.

## MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel penelitian daun dilakukan di kawasan *mangrove* yang berada di Pulau Peling dan Pulau Bakalan pada tanggal 25 Juni hingga 12 Juli 2019. Kedua pulau tersebut merupakan dua pulau utama di wilayah Kabupaten Banggai Kepulauan.

Terdapat empat titik kawasan ekosistem *mangrove* untuk pengambilan sampel (Gambar 1) kawasan *mangrove* Desa Koyo Bunga Kecamatan Peling Tengah (Plot A); Desa Binuntuli Kecamatan Liang (Plot B); Desa Mansamat Kecamatan Tinangkung Selatan (Plot C); dan Desa Bungin Kecamatan Tinangkung (Plot D). Lokasi keempat (Plot D) terletak di Desa Bungin berada di Pulau Bakalan sedangkan ketiga plot lainnya berada di Pulau Peling. Keempat plot tersebut mempunyai komposisi spesies yang berbeda (Tabel 1).

Plot A memiliki satu zonasi *mangrove* yang tersusun atas *Rhizophora apiculata* dari depan hingga batas daratan. Plot B juga memiliki satu zonasi *mangrove* tetapi terdapat 2 spesies penyusun yang hidup bercampur, yaitu *R. apiculata* dan *Bruguiera cylindrica*. Plot C terdiri dari 2 zonasi *mangrove* dengan *R. apiculata* berada di zona depan, *B. cylindrica* dan *Avicennia lanata* di zona tengah. Pada lokasi terakhir juga terdapat 2 zona, zona depan diisi oleh *R. apiculata*, zona tengah diisi oleh *Lumnitzera racemosa*, *L. littorea*, dan *Sonneratia alba*. Zona tengah pada Plot D ini jarang ditemui mengingat *S. alba* biasa tumbuh di zona depan dengan salinitas tinggi. Namun mengingat lokasi ini memiliki substrat pasir

dan berada pada cekungan sehingga memungkinkan dominansi air laut masuk hingga wilayah batas daratan.

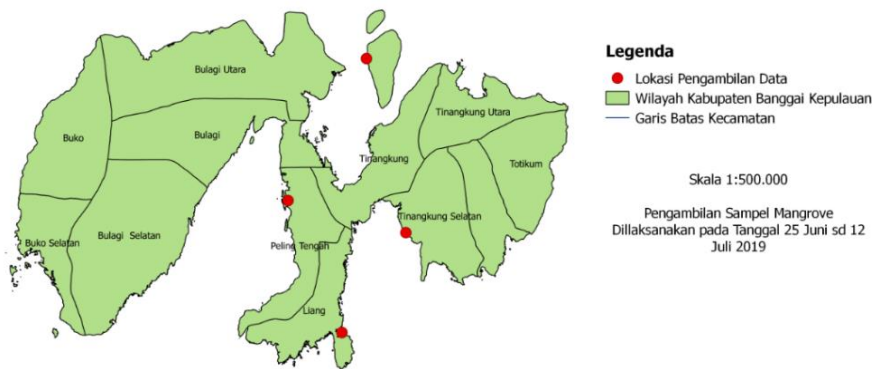
Pembuatan preparat anatomi daun dilakukan dengan metode paraffin-tert-butanol berdasarkan (Sass, 1951) yang telah dimodifikasi, sedangkan sayatan paradermal berdasarkan pada (Cutler, 1978). Parameter yang diukur adalah kerapatan dan ukuran (panjang dan lebar) stomata, lebar kutikula, lebar epidermis, lebar jaringan palisade, lebar jaringan sponge, lebar jaringan hipodermis dan tebal daun secara keseluruhan. Pengamatan menggunakan mikroskop cahaya Leitz Wetzlar dan pengambilan foto dengan mikroskop Nikon Eclipse 80i. ANOVA dan korelasi antar karakter yang dianalisis menggunakan program R versi 3.3.3 (R Core Team, 2019).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kabupaten Banggai Kepulauan merupakan salah satu kabupaten yang berada di antara perairan Sulawesi dan Kepulauan Sula, Maluku. Secara geografis, kepulauan ini berada di sesar aktif patahan

lempeng yang menjadi bagian dari Cincin Api Pasifik. Gempa bumi dengan *magnitude* besar sewaktu-waktu dapat terjadi di wilayah ini. Sebagai kawasan yang berada di pesisir, *mangrove* menjadi kawasan esensial dalam mengantisipasi adanya bahaya gelombang tsunami. Ekosistem *mangrove* di kawasan Banggai Kepulauan relatif terjaga dan tidak terjadi pemanfaatan secara masif. Selain itu apabila dilihat dari struktur vegetasi penyusun, ekosistem *mangrove* di kawasan ini masih mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Hal ini dicirikan dengan kepadatan individu yang rapat dan didominasi oleh tegakan dengan diameter 2-10 cm.

Keragaman spesies *mangrove* di Banggai Kepulauan dipengaruhi oleh kadar garam atau salinitas perairan laut yang berada di kawasan pesisir. Salinitas akan memiliki kadar yang tinggi apabila masukan air tawar dari sungai sedikit. Namun sebaliknya, apabila terdapat sungai besar yang bermuara di wilayah estuari akan mengurangi kadar garam yang masuk ke wilayah *mangrove*.



**Gambar 1.** Lokasi pengambilan sampel spesies *Mangrove* di Banggai Kepulauan (Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2020)

**Tabel 1.** Spesies vegetasi penyusun hutan *mangrove* di lokasi penelitian

| Lokasi | Zona Depan                  | Zona Tengah  |
|--------|-----------------------------|--|
| Plot A |                             | <i>Rhizophora apiculata</i>  |
| Plot B |                             | <i>Rhizophora apiculata</i> & <i>Bruguiera cylindrica</i>                        |
| Plot C | <i>Rhizophora apiculata</i> | <i>Bruguiera cylindrica</i> & <i>Avicennia lanata</i>                            |
| Plot D | <i>Rhizophora apiculata</i> | <i>Lumnitzera littorea</i> , <i>Sonneratia alba</i> & <i>Lumnitzera racemosa</i> |

Secara umum ekosistem *mangrove* di lokasi penelitian dikategorikan dalam dua (2) zona, yaitu zona depan yang langsung berhadapan dengan lautan, dan zona tengah yang terletak di belakang zona terbuka. Noor *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa *Sonneratia alba* biasa dijumpai pada kawasan yang benar-benar dipengaruhi air laut. Zona tengah pada umumnya ditumbuhi oleh spesies-spesies dari genus *Rhizophora* dan *B. cylindrica*. Spesies *R. mucronata* dijumpai pada dominansi substrat lumpur sedangkan *R. stylosa* tumbuh pada dominansi substrat pasir. Sementara itu, *R. apiculata* menyukai kawasan dengan masukan air laut yang kuat dan masukan air tawar permanen sedangkan *L. racemosa* dan *L. littorea* merupakan vegetasi yang mendiami substrat pasir dengan masukan air laut dan air tawar yang seimbang.

Lingkungan ekosistem *mangrove* yang tergenang air laut dengan kadar garam tertentu mempengaruhi variasi anatomi tumbuhan, misalnya struktur anatomi daun yang terpengaruh secara signifikan dalam peranannya untuk proses fotosintesis (Dickinson, 1998). Umumnya, kondisi salinitas dan genangan air laut mempengaruhi kehadiran kutikula, susunan epidermis, jaringan hipodermis dan rasio jaringan mesofil (Vinoth *et al.*, 2019) terhadap ketebalan daun serta kehadiran kelenjar garam pada daun.

### Kutikula dan epidermis

Kutikula ditemukan di seluruh spesies dengan ketebalan berbeda-beda (Tabel 3). Anggota genus *Lumnitzera* memiliki kutikula sangat tipis, sedangkan kutikula paling tebal dimiliki oleh *B. cylindrica* dengan ketebalan mencapai 7,05  $\mu\text{m}$  (Gambar 2). Seluruh spesies memiliki selapis epidermis di bagian atas dan bawah daun dengan ketebalan yang bervariasi antar spesies. Namun demikian, pada umumnya epidermis atas lebih tebal dibandingkan epidermis bawah. Kutikula dan epidermis yang tebal merupakan satu bentuk adaptasi tumbuhan untuk mengurangi laju transpirasi. Keduanya dapat menjadi penghalang (*barrier*) hilangnya air secara berlebihan dari tubuh tumbuhan (Hill dan Popp, 1950; Nandy *et al.*, 2005). Ciri ini serupa dengan tumbuhan *xeromorfic* yang diakibatkan oleh adanya

intensitas penyinaran yang tinggi disertai kandungan air yang minim akibat kondisi *saline* pada ekosistem *mangrove*.

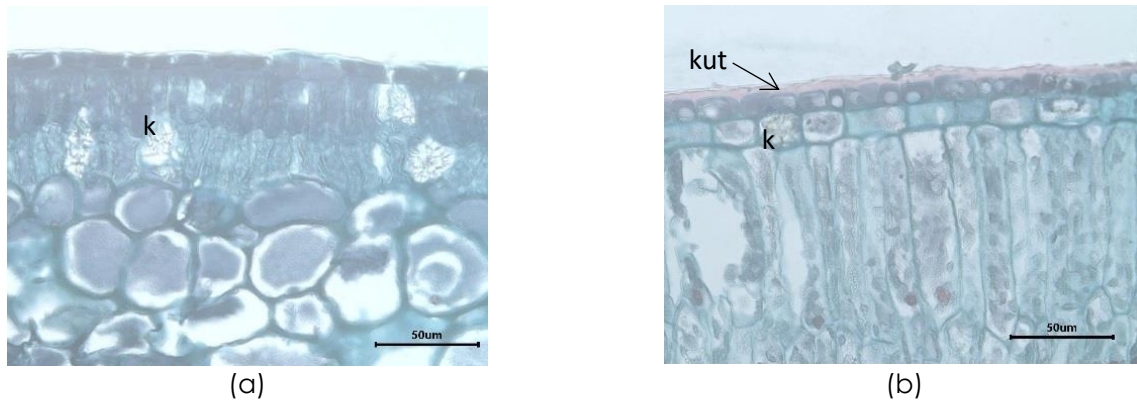
### Tipe, ukuran dan kerapatan stomata

Seluruh spesies berdaun *hypostomatic* (stomata berada di permukaan bawah daun), kecuali *L. littorea*, *L. racemosa* dan *S. alba* yang bertipe *amphistomatic* (stomata berada di kedua permukaan daun). Tipe stomata pada umumnya bertipe anomositik, anisositik, siklositik, tetapi terkadang dijumpai stomata bertipe staurositik. Stomata terletak tenggelam terhadap epidermis (*sunken*). Hanya stomata pada *A. lanata* yang sulit diamati karena lapisan sel epidermis tertutup oleh trikoma glandular yang sangat rapat (Gambar 3).

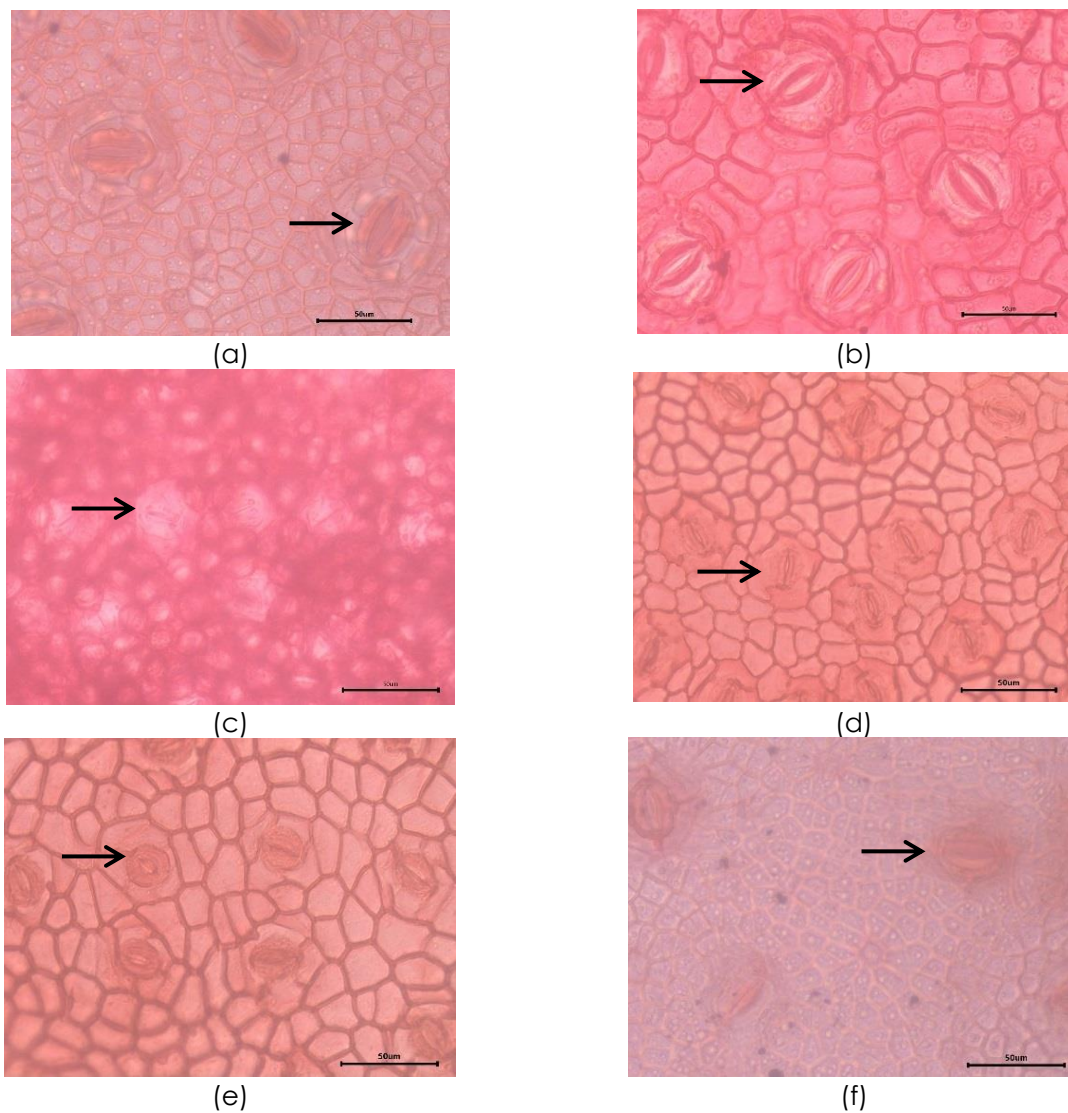
Ukuran panjang dan lebar stomata antar spesies di seluruh plot penelitian beragam (Tabel 2). Kerapatan stomata tertinggi pada kedua spesies *Lumnitzera*, kemudian diikuti oleh *B. cylindrica* dan *R. apiculata* (Tabel 2). Khusus untuk *R. apiculata* yang ditemukan di seluruh plot penelitian, panjang stomata berbeda secara signifikan antara *R. apiculata* pada plot A dengan spesies yang sama di plot lain (plot B, C, D), sedangkan lebar stomata yang berbeda nyata hanya antara *R. apiculata* pada plot A dengan *R. apiculata* pada plot D. Kerapatan stomata antar *R. apiculata* di empat lokasi berbeda nyata seluruhnya kecuali pada *R. apiculata* plot A dengan *R. apiculata* plot D. Kehadiran trikoma hanya teramati pada *A. lanata* dengan tipe multiselular *glandular* (Gambar 3C). Trikoma tersebar di permukaan bawah daun dan tersusun sangat rapat. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian (Vinoth *et al.*, 2019) yang menyatakan bahwa kutikula pada kelompok *Avicennia* berselang-seling dengan trikoma non-*glandular* dan *glandular*.

### Hipodermis

Jaringan penyimpan air pada spesies *mangrove* berupa jaringan sub-epidermis (hipodermis) yang terletak di bawah lapisan epidermis (Gambar 4). Setiap spesies memiliki ketebalan lapisan hipodermis yang berbeda (Tabel 3). *R. apiculata* mempunyai hipodermis paling tebal dibandingkan dengan spesies lainnya, sedangkan kedua



**Gambar 2.** Kehadiran kutikula: (A) sangat tipis pada *L. littorea* dan (B) tebal pada *B. cylindrica* (kut: kutikula, k: kristal druse)



**Gambar 3.** Tipe stomata: (A) anomostik pada *R. apiculata*, (B) staurostik dan anomostik pada *B. cylindrica*, (C) tidak jelas pada *A. lanata*, (D) anisostik dan anomostik pada *L. littorea*, (E) anisostik dan anomostik pada *L. racemosa*, dan (F) staurostik dan anomostik pada *S. alba*. Stomata ditunjukkan oleh tanda panah.



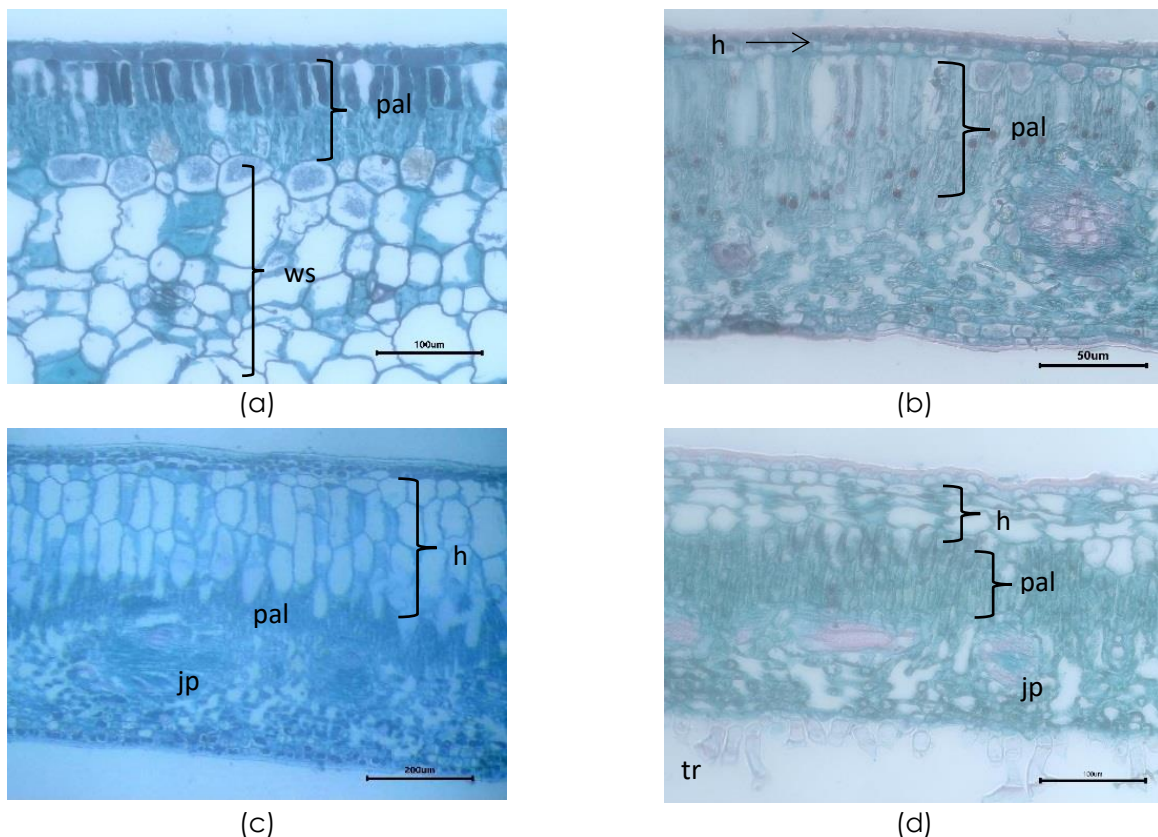
spesies *Lumnitzera* dan *S. alba* tidak memiliki hipodermis. Kedua spesies *Lumnitzera* memiliki jaringan penyimpanan air (*water storage*) di bagian tengah daun berupa jaringan berdinding sel tipis tanpa klorofil.

Hipodermis pada tumbuhan *mangrove* merupakan jaringan penting untuk penyimpanan air sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan yang *saline*. Rasio hipodermis terhadap tebal daun yang berbeda-beda berkaitan dengan adaptasi masing-masing spesies. Rasio hipodermis terhadap tebal daun pada *R. apiculata* yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lain (Gambar 5) mengindikasikan bahwa *R. apiculata* mempunyai kapasitas penyimpanan air lebih besar dibandingkan dengan spesies lainnya untuk mencegah terjadinya kekeringan. Selain itu, keberadaannya pada zona depan yang terkena air laut menunjukkan bahwa spesies ini

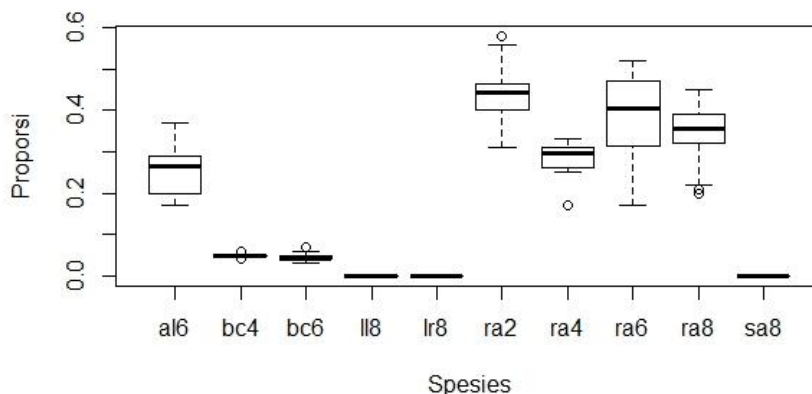
cukup tahan terhadap cekaman salinitas yang tinggi.

**Mesofil**

Seluruh spesies pada penelitian ini mempunyai jaringan mesofil yang terdiri dari jaringan *palisade* dan *sponge*. Jaringan *palisade* dan *sponge* tersusun dari beberapa lapisan. Namun demikian, pada dua spesies dari genus *Lumnitzera* dan *Sonneratia*, mempunyai *palisade* di kedua sisi daun yaitu atas dan bawah. Struktur tersebut merupakan bentuk adaptasi ekofisiologi pada ketiga spesies tersebut yang didukung oleh kerapatan stomata yang tinggi. Hal ini dimungkinkan karena adanya persaingan untuk mendapatkan cahaya, serta penyesuaian spesies terhadap penyinaran yang intens. Menurut Bacelar *et al.* (2004); Nandy *et al.*, (2005), keberadaan stomata dan jaringan mesofil turut berperan dalam keberlangsungan spesies-spesies *mangrove*.



**Gambar 4.** Jaringan penyimpanan air : (A) *L. racemosa* tanpa hipodermis, (B) *B. cylindrica* dengan selapis hipodermis, (C) *R. apiculata* dan (D) *A. lanata* dengan lebih dari selapis hipodermis (h: hipodermis, jp: jaringan pengangkut, pal: palisade, tr: trikoma, ws: water storage)



**Gambar 5.** Rasio hipodermis terhadap tebal daun (al6: *A. lanata*; bc4, bc6: *B. cylindrica*, ll8: *L. littorea*; lr8: *L. racemosa*; ra2, ra4, ra6, ra8: *R. apiculata*; sa8: *S. alba*).

Rasio *palisade* terhadap *sponge* berkisar antara  $0.28 \pm 0.04 \mu\text{m}$  hingga  $1.19 \pm 0.42 \mu\text{m}$  (Gambar 6), dengan rasio paling tebal dimiliki oleh *B. cylindrica* dan *A. lanata* yang mencapai masing-masing  $1.08 \pm 0.53 \mu\text{m}$  dan  $1.19 \pm 0.42 \mu\text{m}$ . Karakter tersebut menunjukkan bahwa *palisade* menjadi jaringan penting dalam proses fotosintesis. Rasio *palisade* terhadap *sponge* yang tinggi memperlihatkan keefektifan jaringan tersebut dalam proses fotosintesis untuk mendapatkan dan penyebaran cahaya serta menangkap  $\text{CO}_2$ . Berdasarkan Chartzoulakis *et al.* (2000), peningkatan mesofil merupakan salah satu faktor penting pengikat  $\text{CO}_2$  dalam fotosintesis terutama dalam kondisi stres air (kekeringan).

Hasil penelitian mendapatkan hubungan antara kerapatan stomata dan rasio jaringan mesofil berupa peningkatan kerapatan stomata seiring dengan menurunnya rasio jaringan mesofil (Gambar 7). Hal ini berbeda dengan Nandy *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa terdapat korelasi positif antara kerapatan stomata dan mesofil terhadap proses fotosintesis, namun berbanding terbalik dengan ukuran stomata.

Peningkatan tinggi rasio mesofil memperlihatkan semakin lebar jaringan *palisade* semakin meningkatkan efektifitas fotosintesis (Chartzoulakis *et al.*, 2000). Adapun tinggi rendahnya kerapatan stomata berhubungan dengan proses transpirasi tumbuhan *mangrove* dalam rangka untuk menyeimbangkan kandungan air pada tubuh tumbuhan (Peel *et al.*, 2017).

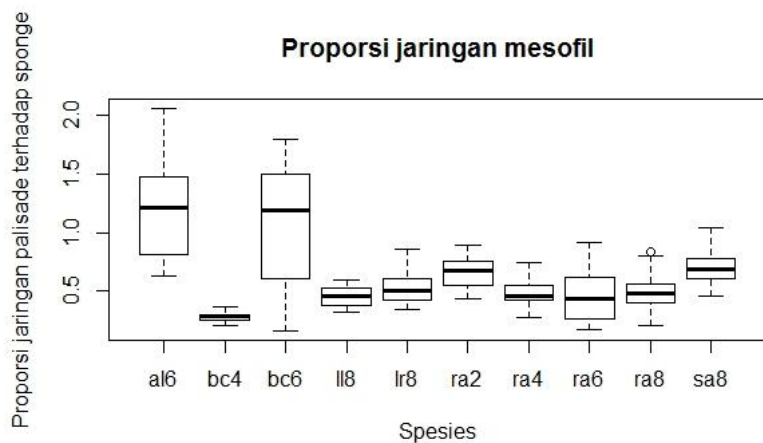
### Kehadiran *R. apiculata* di seluruh plot

Seluruh variabel yang diukur berbeda secara signifikan, kecuali tebal kutikula bawah dan hipodermis, menunjukkan bahwa di keempat plot tersebut mempunyai kondisi lingkungan yang tidak sama sehingga mempengaruhi struktur jaringan daun spesies tersebut. Keberadaan *R. apiculata* di seluruh plot menandakan bahwa *R. apiculata* mempunyai kemampuan bertahan hidup lebih baik dari spesies lainnya (Sereneski-De Lima *et al.*, 2013). Hal tersebut karena genus *Rhizophora* merupakan tumbuhan pionir yang tergolong sebagai tumbuhan penyusun awal dalam suksesi (Snedaker, 1982; Sukardjo, 1984). Pada plot A, hanya ditemukan *R. apiculata* menunjukkan bahwa hutan *mangrove* pada kawasan ini masih dalam tahap pembentukan hutan *mangrove* muda sehingga hanya terdapat satu lapis tajuk. Sementara itu plot lainnya merupakan hutan *mangrove* campuran, yang terdiri dari beberapa spesies sebagai penanda hutan *mangrove* muda sedang mengalami perkembangan selanjutnya (Sukardjo, 1984).

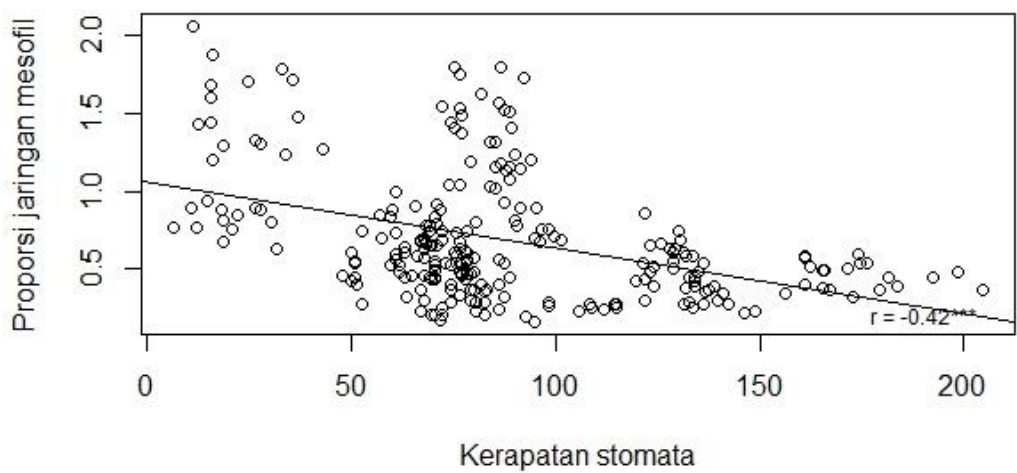
Karakter khas terlihat pada *R. apiculata* adalah kehadiran *cork warts* dan sklereid (Gambar 8). *Cork warts* merupakan jaringan yang tersusun dari suberin, berada di bagian bawah epidermis yang berfungsi dalam pertukaran udara (Joffily dan Vieira, 2010). Selain sebagai karakter khusus bagi genus *Rhizophora*, merupakan jalan masuk udara, kemudian udara akan disimpan ke aerenkima daun. Selain itu, mengoptimalkan proses fotosintesis (Lucena *et al.*, 2011).

**Tabel 2.** Karakter mikromorfologi enam spesies tumbuhan mangrove di seluruh lokasi penelitian

| Plot | Spesies              | Stomata atas |              | Stomata bawah |              | Kerapatan stomata bawah (jumlah/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---|
|      |                      | Panjang (µm) | Lebar (µm)   | Panjang (µm)  | Lebar (µm)   |   |
| A    | <i>R. apiculata</i>  | -            | -            | 41.98 ± 2.28  | 29.19 ± 1.81 | 82.91 ± 13.37                                     |
| B    | <i>R. apiculata</i>  | -            | -            | 46.90 ± 1.58  | 30.83 ± 3.17 | 50.60 ± 1.63                                      |
|      | <i>B. cylindrica</i> | -            | -            | 27.06 ± 1.80  | 21.65 ± 2.89 | 107.63 ± 28.90                                    |
| C    | <i>R. apiculata</i>  | -            | -            | 45.26 ± 2.52  | 30.50 ± 2.40 | 70.07 ± 5.96                                      |
|      | <i>B. cylindrica</i> | -            | -            | 39.36 ± 6.03  | 28.62 ± 5.15 | 89.02 ± 11.36                                     |
|      | <i>A. lanata</i>     | -            | -            | 25.47 ± 2.68  | 19.68 ± 1.49 | 23.46 ± 11.08                                     |
| D    | <i>R. apiculata</i>  | -            | -            | 46.25 ± 3.03  | 32.03 ± 2.54 | 78.51 ± 4.99                                      |
|      | <i>L. littorea</i>   | 26.57 ± 1.81 | 19.35 ± 1.47 | 26.73 ± 1.93  | 20.34 ± 2.28 | 173.78 ± 13.08                                    |
|      | <i>L. racemosa</i>   | 29.85 ± 2.63 | 24.49 ± 2.06 | 30.18 ± 2.18  | 24.05 ± 2.33 | 129.97 ± 5.69                                     |
|      | <i>S. alba</i>       | 41 ± 3.08    | 29.30 ± 2.57 | 40.02 ± 3.15  | 29.74 ± 2.98 | 66.99 ± 5.36                                      |

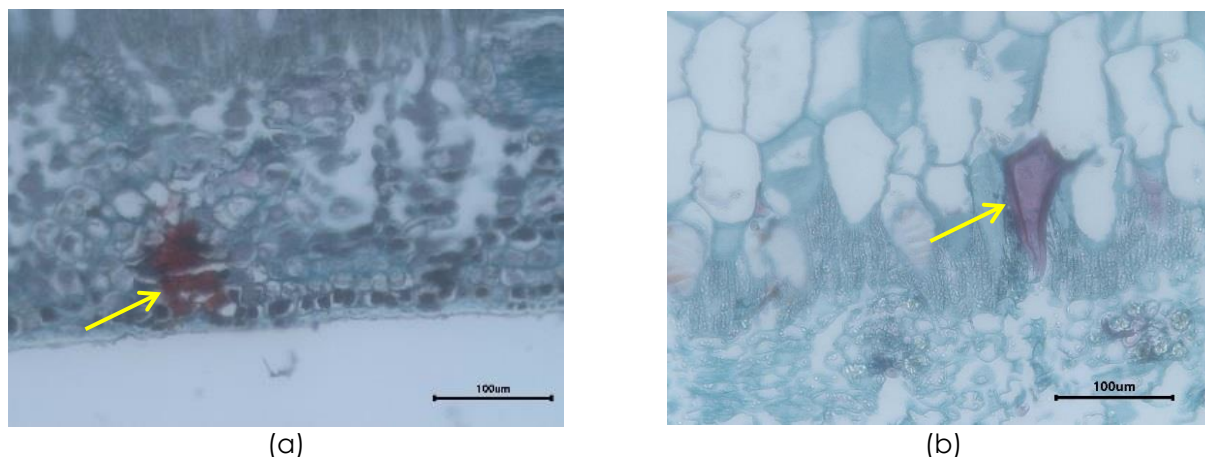


**Gambar 6.** Rasio jaringan mesofil daun pada enam spesies mangrove (al6: *A. lanata*; bc4, bc6: *B. cylindrica*, ll8: *L. littorea*; lr8: *L. racemosa*; ra2, ra4, ra6, ra8: *R. apiculata*; sa8: *S. alba*)



**Gambar 7.** Korelasi kerapatan stomata dan jaringan mesofil spesies pembentuk zonasi mangrove





Gambar 8. Karakter pada *R. apiculata*: a) Cork warts dan b) Sklereid di organ daun

Tabel 3. Nilai kuantitatif karakter mikromorfologi enam spesies mangrove

| Plot       | Jenis                | Kutikula (µm) |           | Epidermis (µm) |            | Hipodermis (µm) | Palisade (µm) |               | Sponge (µm)   | Tebal daun (µm) |
|------------|----------------------|---------------|-----------|----------------|------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|            |                      | atas          | bawah     | atas           | bawah      |                 | atas          | bawah         |               |                 |
| A (2 Juli) | <i>R. apiculata</i>  | 4.43±1.61     | 3.28±0    | 11.48±1.68     | 10.00±1.29 | 311.11±82.19    | 141.04±19.07  | 0             | 221.56±42.19  | 695.20±97.50    |
| B (4 Juli) | <i>R. apiculata</i>  | 3.28±0        | 3.28±0    | 11.81±1.70     | 9.84±1.55  | 148.58±27.18    | 114.14±16.64  | 0             | 242.06±44.14  | 526.44±43       |
|            | <i>B. cylindrica</i> | 7.05±1.20     | 3.28±0    | 19.84±2.25     | 12.14±1.54 | 23.29±2.99      | 88.40±7.18    | 0             | 322.42±42.23  | 466.09±45       |
| C (6 Juli) | <i>R. apiculata</i>  | 3.61±1.01     | 3.28±0    | 12.30±2.09     | 10.00±1.67 | 231.08±94.38    | 93.97±36.68   | 0             | 219.10±52.12  | 566.46±132.70   |
|            | <i>B. cylindrica</i> | 5.33±2.31     | 4.43±1.58 | 14.84±2.57     | 12.30±3.04 | 17.96±2.78      | 168.51±53.79  | 0             | 205.66±111.48 | 419.27±80.30    |
|            | <i>A. lanata</i>     | 3.94±1.33     | 0         | 9.95±1.05      | 7.11±1.51  | 75±21.60        | 103.65±19.93  | 0             | 93.70±22.49   | 289.41±38.21    |
| D (8 Juli) | <i>R. apiculata</i>  | 3.72±1.13     | 3.50±0.83 | 12.57±2.29     | 11.37±2.69 | 169.58±40.09    | 93.04±18.16   | 0             | 194.94±30.84  | 481.50±52.11    |
|            | <i>L. littorea</i>   | 0             | 0         | 12.79±1.47     | 10.66±1.80 | 0               | 88.56±7.45    | 54.94 ± 12.08 | 321.11±40.94  | 488.06±39.25    |
|            | <i>L. racemosa</i>   | 0             | 0         | 15.31±2.63     | 16.07±2.63 | 0               | 97.09±10.95   | 77.52 ± 13.63 | 350.96±71.06  | 556.94±76.55    |
|            | <i>S. alba</i>       | 3.28 ± 0      | 0         | 21.65±3.40     | 18.04±2.40 | 0               | 117.42±14.70  | 84.84 ± 13.91 | 295.31±59.72  | 537.26±70.78    |

**KESIMPULAN**

Karakter anatomi pada spesies mangrove memiliki ciri menyerupai tumbuhan xerofit yaitu berdaun tebal, memiliki hipodermis dan berkutikula tebal. Spesies yang berhadapan langsung dengan air laut memiliki kutikula yang tebal dan jaringan hipodermis berlapis-lapis, yaitu *R. apiculata* dan *B. cylindrica* (zona depan). Kedua spesies *Lumnitzera* dan *S. alba* (zona tengah) beradaptasi dengan lingkungan saline dengan jaringan mesofil yang tebal dan kerapatan stomata yang cukup tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bacelar, E. A., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J.M., Goncalves, B. C., Lopes, J. I. & Torres-Pereira, J.M.G. 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-

grown olive cultivars growing under drought conditions, *Tree Physiol.*, 24(2):233–239. doi: 10.1093/treephys/24.2.233.  
 Badan Informasi Geospasial. 2020. Indonesia Geospatial Portal. <http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah> [diakses 27 Januari 2020].  
 Chartzoulakis, K., Bosabalidis, A., Patakas, A., & Vemmos, S. 2000. Effects of water stress on water relations, gas exchange and leaf structure of olive tree *Acta Hortic.*, 537:241–247. doi: 10.17660/ActaHortic.2000.537.25.  
 Cutler, D. 1978. *Applied Plant Anatomy*. Longman, London & New York. 103 hal  
 Dickinson, W.C. 1998. *Integrative Plant Anatomy*. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Toronto, Sydney, Tokyo: Harcourt Academic Press. 533 hal

- Giesen, W. Wulffraat, S., Zieren, M. & Scholten, L. 2006. Mangrove Guidebook of South East Asia. Bangkok: FAO and Wetlands International. 198 hal
- Hill, B.J. & Popp, H. W. 1950. Botany: A text book for colleges. New York, Toronto & London: McGraw-Hill Book Company, Inc. 710 hal
- Joffily, A. & Vieira, C.R. 2010. Cork-warts on the leaf epidermis of four genera of Celastroidea-Celastraceae, *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 205(5):313–318. doi: 10.1016/j.flora.2009.12.014.
- Kathiresan, K. & Bingham, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Adv. Mar. Biol.*, 40: 84–254. doi: 10.1016/S0065-2881(01)40003-4.
- Lucena, I. Maciel, V.E.O., Silva, J.B.da., Galvincto, J.D., & Pimentel, R.M.de M. 2011. Leaf Structure of Mangrove Species To Understand the Spectral Responses. *J. Hyperspec. Rem. Sens.*, 1(2):19–31. doi: 10.5935/2237-2202.20110002.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. 1974. 'The Ecology of Mangroves', *Ann. Rev. Ecol. Systemat.*, 5(1):39–64. doi: 10.1146/annu rev.es.05.110174.000351.
- Nandy, P., Das, S. & Ghose, M. 2005. Relation of leaf micromorphology with photosynthesis and water efflux in some Indian mangroves. *Acta Bot. Croatica*, 64(2):331–340.
- Noor, Y.R., Khazali, M. & Suryadiputra I.N.N. 1999. Panduan pengenalan mangrove di Indonesia. Wetlands International Indonesia Programs. 220 hal
- Nurnida, M., Talip, N. & Ruzi, A. 2012. Nilai taksonomi ciri anatomi lamina daun dan adaptasi kepada persekitaran spesies hutan paya bakau (Rhizophoraceae), *J. Trop. Mar. Ecosys.*, 2(2):37-44.
- Peel, J.R., Mandujano Sanchez, M.C., Lopez Portillo, J. & Golubov, J. 2017. Stomatal density, leaf area and plant size variation of *Rhizophora mangle* (Malpighiales: Rhizophoraceae) along a salinity gradient in the Mexican Caribbean, *Rev. Biol. Trop.*, 65(2):701-712. doi: 10.15517/rbt.v65i2.24372.
- R Core, T. 2019. R: A language and environment for statistical computing., R Foundation for Statistical Computing. Available at: <https://www.r-project.org>.
- Saputro, G.B. 2009. Peta Mangrove Indonesia. Pusat Survei Sumber Daya Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. 329 hal
- Sass, J.E. 1951. Botanical microtechnique. 2nd edition. The Iowa State College Press. 219 hal
- Sereneski-De Lima, C., Torres-Boeger, M. R., Larcher-de Carvalho, L., Pelozzo, A. & Soffiatti, P. 2013. Sclerophylly in mangrove tree species from South Brazil, *Rev. Mex. Biodivers.* 84(4):1159–1166. doi: 10.7550/rmb.32149.
- Seshavatharam, V. & Srivalli, M. 1989. Systematic leaf anatomy of some Indian mangroves, *Proceedings: Plant Sciences*, 99(6):557–565. doi: 10.1007/BF03053425.
- Snedaker, S.C. 1982. Mangrove species zonation: why?, *In Contributions to the Ecology of Halophytes* doi: 10.1007/978-94-009-8037-2\_8.
- Sukardjo, S. 1984. Ekosistem Mangrove. *Oseana*, 9(4):102-115.
- Vinoth, R., Kumaravel, S. & Ranganathan, R. 2019. Anatomical and physiological adaptation of mangrove wetlands in east coast of Tamil Nadu. *World Sci. News*, 129: 161–179.