

**KARAKTERISTIK STOMATA TUMBUHAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus*) BERDASARKAN PERBEDAAN LINGKUNGAN DI SEKITAR BANDA ACEH SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH FISILOGI TUMBUHAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**Siska  
220207012**

**Mahasiswa (i) Program Studi Pendidikan Biologi  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2026 M / 1448 H**

**KARAKTERISTIK STOMATA TUMBUHAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus*) BERDASARKAN PERBEDAAN LINGKUNGAN DI SEKITAR BANDA ACEH SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH FISILOGI TUMBUHAN**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan (FTK)  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Dalam Ilmu Pendidikan Biologi

**OLEH :**

**SISKA**

NIM. 220207012

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan  
Keguruan Program Studi Pendidikan Biologi

Disetujui oleh:

جامعة الرانيري

Pembimbing



**Lina Rahmawati, S.Si., M.Si.**  
**NIP. 197505271997032003**

KARAKTERISTIK STOMATA TUMBUHAN ANGSA (*Pterocarpus indicus*)  
BERDASARKAN PERBEDAAN LINGKUNGAN DI SEKITAR BANDA ACEH  
SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH FISILOGI TUMBUHAN

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Munaqasyah Skripsi  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus serta  
Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Pendidikan Biologi

Pada Hari/Tanggal

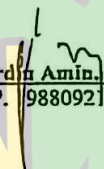
Rabu, 13 Mei 2026  
25 Zulkaedah 1447 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

  
Lina Rahmawati, S.Si., M.Si.  
NIP. 197505271997032003

  
Nurdin Amin, M.Pd.  
NIP. 198809212023212029

Penguji I,

Penguji II,

  
Mujiyadi, S.Pd.I., M.Pd  
NIP. 198212222009041008

  
Cut Ratna Dewi, S.Pd.I., M.Pd  
NIP. 198809072019032013

جامعة الرانيري

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry  
Darussalam Banda Aceh



### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siska

Nim : 220207012

Prodi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*)

Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkannya dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggung jawabkan atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi terhadap aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Banda Aceh, 29 April 2026



## ABSTRAK

Materi respons tumbuhan terhadap lingkungan pada Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan masih didukung oleh referensi yang terbatas, khususnya mengenai respons stomata daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*) terhadap berbagai kondisi lingkungan. Keterbatasan tersebut menyebabkan pemahaman mahasiswa mengenai respons spesifik tumbuhan Angsana terhadap lingkungan masih belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan buku ajar hasil penelitian sebagai referensi mata kuliah Fisiologi Tumbuhan. Hasil penelitian selanjutnya dikembangkan menjadi buku ajar yang diuji kelayakannya oleh ahli materi dan ahli media berdasarkan aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa buku ajar termasuk dalam kategori sangat layak dengan nilai persentase sebesar 86,5%, sehingga dapat digunakan sebagai referensi pendukung dalam pembelajaran mata kuliah Fisiologi Tumbuhan.

**Kata kunci:** Buku ajar, Fisiologi tumbuhan, Uji Kelayakan



## KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya beserta sholawat beriring salam kepada Baginda Nabi Muhammad SAW. Berkat Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik stomata tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus*) berdasarkan perbedaan lingkungan di sekitar Banda Aceh sebagai referensi mata kuliah fisiologi tumbuhan”.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan sehingga skripsi ini dapat selesai. Ucapan terimakasih ini penulis tujukan kepada:

1. Bapak Prof. Safrul Muluk, S.Ag., MA., M.Ed. Ph. D selaku dekan Fakultas Tarbiyah dan keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Mulyadi, S.Pd.I., M.Pd. dan Bapak Nurdin Amin, M.Pd. selaku Ketua dan Sekretaris Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Lina Rahmawati, S.Si., M.Si sebagai Penasehat Akademik dan selaku dosen yang telah mendidik dan memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Bapak/Ibu staf pengajar serta asisten Prodi Pendidikan Biologi yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Teristimewa penulis ucapkan kepada Ayahanda, Ibunda serta adik-adik tercinta dan seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat dan dukungan, memberikan kasih sayang selama ini serta memberikan motivasi kepada penulis.

6. Untuk sahabat penulis “Habibie” Izza, Salsa, Putri, deva, Munira, Thahira dan Nida. Terima kasih atas setiap waktu yang diluangkan, memberikan dukungan, motivasi, semangat, doa, pendengar yang baik, serta menjadi rekan yang menemani penulis dari SMP hingga saat ini. Semoga setiap kebaikan dan ketulusan serta dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik serta keberkahan dalam setiap perjalanan hidup kalian.
7. Untuk teman seperjuangan, Nurul, Ira, Aisyah terima kasih sudah selalu ada dan menemaniku selama perjalanan kuliah hingga sampai di titik ini. Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, dan semangat yang tak pernah putus di setiap prosesnya.
8. Terima kasih untuk teman-teman KPM yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis. Terimakasih telah memberikan kenangan dan pengalaman yang berharga di masa perkuliahan penulis.
9. Semua teman-teman Bright Scholarship yang telah menjadi bagian dari keluarga. Terima kasih atas segala kebersamaan, dukungan, dan perhatian yang terjalin sejak awal hingga detik ini. Terima kasih telah mengukir kenangan manis serta memberikan pengalaman yang sangat bernilai selama masa kuliah ini.

Meskipun telah menyelesaikan skripsi penelitian ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa skripsi penelitian ini masih ada kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini berguna bagi kita semua.

Banda Aceh, 29 April 2026

Penulis,

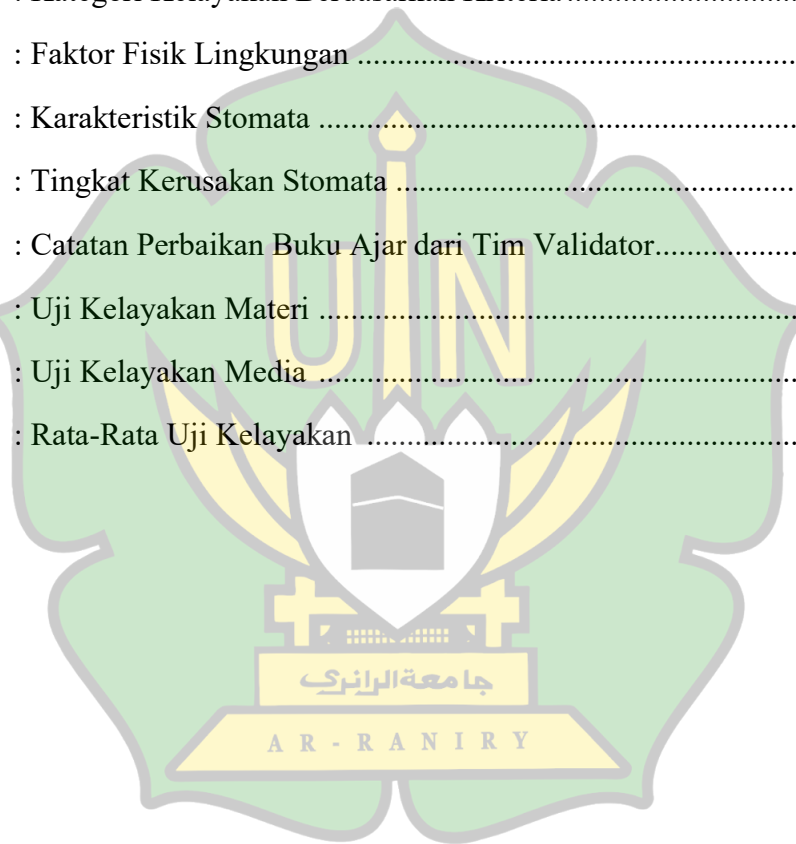
## DAFTAR GAMBAR

|            |                                                          |    |
|------------|----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 | : Tumbuhan Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> ) .....  | 13 |
| Gambar 2.2 | : Stomata .....                                          | 16 |
| Gambar 2.3 | : Tipe Stomata Dicotyledoneae .....                      | 19 |
| Gambar 2.4 | : Mekanisme Membuka dan Menutupnya Stomata.....          | 24 |
| Gambar 3.1 | : Peta Lokasi penelitian .....                           | 31 |
| Gambar 4.1 | : Stomata Abnormal pada Sampel Daun di Tiap Lokasi ..... | 43 |
| Gambar 4.2 | : Tipe Stomata <i>Pterocarpus indicus</i> .....          | 45 |
| Gambar 4.3 | : Cover Buku Ajar Fisiologi Tumbuhan.....                | 46 |



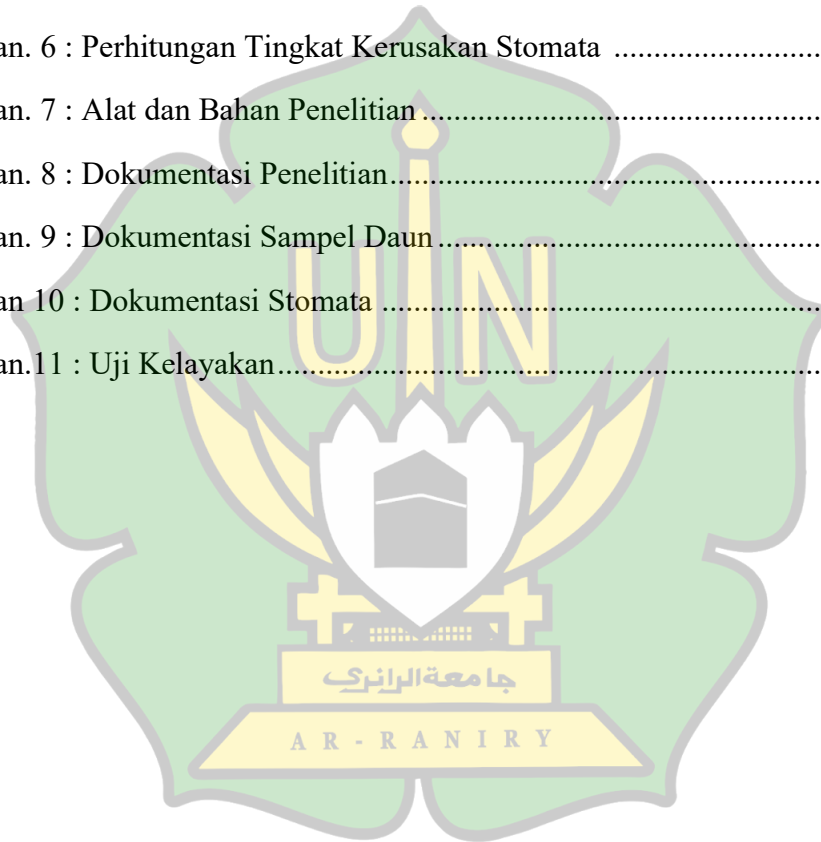
## DAFTAR TABEL

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 : Alat dan Bahan untuk Penelitian.....                | 32 |
| Tabel 3.2 : Kriteria Pemilihan Daun .....                       | 34 |
| Tabel 3.3 : Klasifikasi Kerapatan Stomata.....                  | 37 |
| Tabel 3.4 : Skor Penilaian Indikator .....                      | 37 |
| Tabel 3.5 : Kategori Kelayakan Berdasarkan Kriteria .....       | 38 |
| Tabel 4.1 : Faktor Fisik Lingkungan .....                       | 39 |
| Tabel 4.2 : Karakteristik Stomata .....                         | 41 |
| Tabel 4.3 : Tingkat Kerusakan Stomata .....                     | 42 |
| Tabel 4.4 : Catatan Perbaikan Buku Ajar dari Tim Validator..... | 47 |
| Tabel 4.5 : Uji Kelayakan Materi .....                          | 49 |
| Tabel 4.6 : Uji Kelayakan Media .....                           | 49 |
| Tabel 4.7 : Rata-Rata Uji Kelayakan .....                       | 50 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran. 1 : Surat Identifikasi .....                                | 62 |
| Lampiran. 2 : Bebas Laboratorium .....                                | 63 |
| Lampiran. 3 : Wawancara dengan Dosen Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan.. | 64 |
| Lampiran. 4 : Data Mentah Karakteristik Stomata .....                 | 65 |
| Lampiran. 5 : Perhitungan Kerapatan Stomata .....                     | 66 |
| Lampiran. 6 : Perhitungan Tingkat Kerusakan Stomata .....             | 67 |
| Lampiran. 7 : Alat dan Bahan Penelitian .....                         | 68 |
| Lampiran. 8 : Dokumentasi Penelitian.....                             | 71 |
| Lampiran. 9 : Dokumentasi Sampel Daun .....                           | 72 |
| Lampiran 10 : Dokumentasi Stomata .....                               | 75 |
| Lampiran.11 : Uji Kelayakan.....                                      | 78 |



## DAFTAR ISI

|                                                                                        |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>                                              | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SIDANG .....</b>                                                  | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>                                                | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                   | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                            | <b>ii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                             | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                              | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                           | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                                | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                              | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                             | <b>vii</b>  |
| <b>BAB I : PENDAHULUAN .....</b>                                                       | <b>1</b>    |
| A. Latar Belakang Masalah .....                                                        | 1           |
| B. Rumusan Masalah .....                                                               | 6           |
| C. Tujuan Penelitian .....                                                             | 6           |
| D. Manfaat Penelitian .....                                                            | 6           |
| E. Defenisi Operasional .....                                                          | 7           |
| F. Kajian Terdahulu .....                                                              | 7           |
| <b>BAB II : LANDASAN TEORI .....</b>                                                   | <b>11</b>   |
| A. Fisiologi Tumbuhan .....                                                            | 11          |
| B. Tumbuhan Angsana .....                                                              | 12          |
| C. Jaringan pada Tumbuhan .....                                                        | 14          |
| D. Stomata .....                                                                       | 16          |
| E. Identifikasi Stomata dengan Metode Sayatan .....                                    | 25          |
| F. Kota Banda Aceh .....                                                               | 25          |
| G. Referensi Mata Kuliah .....                                                         | 26          |
| H. Pemanfaatan Hasil Penelitian Sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan ..... | 29          |
| I. Uji Kelayakan Output .....                                                          | 29          |

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB III : METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>31</b> |
| A. Rancangan Penelitian.....               | 31        |
| B. Waktu dan Lokasi Penelitian .....       | 31        |
| C. Populasi dan Sampel .....               | 32        |
| D. Alat dan Bahan.....                     | 32        |
| E. Parameter Penelitian.....               | 32        |
| F. Prosedur Penelitian.....                | 33        |
| G. Teknik Pengumpulan Data.....            | 35        |
| H. Instrumen Pengumpulan Data.....         | 36        |
| I. Teknik Analisis Data.....               | 36        |
| <b>BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> | <b>39</b> |
| A. Hasil Penelitian .....                  | 39        |
| B. Pembahasan.....                         | 50        |
| <b>BAB V : PENUTUP .....</b>               | <b>57</b> |
| A. Kesimpulan .....                        | 57        |
| B. Saran.....                              | 57        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                | <b>59</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>               | <b>62</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>                 | <b>88</b> |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Fisiologi tumbuhan adalah cabang biologi yang mempelajari proses vital dalam tanaman, seperti fotosintesis, respirasi, transportasi, penyerapan nutrisi, serta pertumbuhan dan perkembangan.<sup>1</sup> Mata kuliah Fisiologi Tumbuhan merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, diambil pada semester 5 atau ganjil. Mata kuliah ini memiliki total 4 SKS yang mencakup 3 SKS teori dan 1 SKS praktikum. Pada pertemuan ke-15, materi yang dibahas meliputi jam biologi dan respons tumbuhan terhadap lingkungan, khususnya peran stomata di daun sebagai pengatur kehilangan air. Stomata merespons rangsangan eksternal seperti suhu, konsentrasi CO<sub>2</sub>, cahaya, dan kelembapan udara.<sup>2</sup>

Tumbuhan merupakan salah satu jenis makhluk hidup yang tersusun dari berbagai organ meliputi akar, batang, daun dan organ reproduksi. Ciri khusus setiap jenis tumbuhan tidak terbentuk secara acak melainkan hasil interaksi kompleks antara kondisi lingkungan dan proses fisiologis internal sebagai bentuk adaptasi. Faktor lingkungan, misalnya ketersediaan air, intensitas cahaya matahari, kadar CO<sub>2</sub>, dan suhu, memengaruhi pertumbuhan serta perubahan daun seiring waktu. Perubahan pada sel-sel daun tertentu menunjukkan kemampuan tumbuhan beradaptasi terhadap tekanan lingkungan.<sup>3</sup>

Tumbuhan tersusun dari berbagai macam organ yang memiliki fungsi untuk melaksanakan tugasnya masing-masing. Fungsi dari salah satu organ yaitu sebagai proses fotosintesis melalui daun yang dibantu oleh stomata. Dalam Al-Qur'an Allah SWT berfirman dalam Surah Al-An'am (6:99), yang berbunyi:

---

<sup>1</sup> Novi Mailidarni dan Tasliati Djafar, *Fisiologi Tumbuhan Proses, Mekanisme dan Adaptasi*, (Banda Aceh: PT. Elfarazy Media Publisher, 2025), h.3

<sup>2</sup> RPS Fisiologi Tumbuhan Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

<sup>3</sup> Dhimas Wildan Humami, Puput Anggie W.S dan Iska D., "Densitas dan Morfologi Stomata Daun *Pterocarpus indicus* di Jalan Arif Rahman Hakim dan Kampus ITS, Surabaya", *Jurnal Rekayasa*, Vol.13, No.3 (2020), h.240

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: " Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan dan Kami keluarkan dari padanya tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir-butir yang banyak; dan dari mayang kurma, buah-buahan yang bertimbun-timbun dalam karungnya dan kebun-kebun anggur, zaitun dan delima yang serupa dan tidak serupa. Perhatikanlah buahnya apabila ia berbuah dan (perhatikanlah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman." (Q.S. Al-An'am : 99)<sup>4</sup>

Menurut tafsir Ibnu Katsir dalam Surat Al-An'am ayat 99 Allah SWT berfirman "Dan Dialah yang menurunkan air dari langit", sebagian ahli tafsir menafsirkan bahwa air hujan yang Allah turunkan merupakan sumber awal kehidupan bagi semua makhluk di bumi. "lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan", yakni Allah mampu menumbuhkan bermacam-macam jenis tanaman yang bentuk, ukuran serta sifat yang berbeda dari air hujan yang sama. "Kami keluarkan dari padanya tanaman yang menghijau". Dari air tersebut, Allah menumbuhkan batang, cabang, dan dedaunan yang berwarna hijau segar sebagai tanda kehidupan yang prima pada tumbuhan.<sup>5</sup>

Ayat ini menggambarkan bagaimana Allah SWT menumbuhkan tanaman yang menghijau melalui air hujan. Pembentukan tanaman hijau terjadi karena adanya proses fotosintesis yang terjadi di kloroplas, proses ini sangat bergantung pada peran stomata. Stomata berfungsi sebagai pintu mikroskopis tumbuhan yang berperan dalam proses pertukaran gas, yaitu menyerap CO<sub>2</sub> dan mengeluarkan O<sub>2</sub>,

<sup>4</sup> QS. Al-An'am (6): 99

<sup>5</sup> Hisan Thalbah, *Ensiklopedia Mukjizat Al-Qur'an dan Hadist Kemukjizatan Penciptaan Tumbuhan*, (Bekasi: P.T Sapta Sentosa, 2008). h. 166.

serta mengatur penguapan air agar tumbuhan dapat tumbuh dengan baik. Menurut Ibnu Katsir, ini jadi bukti kuasa Allah dalam membangun kehidupan dari air, dan manusia diajak untuk merenungkan keajaiban alam tersebut.

Stomata adalah celah epidermis pada organ tumbuhan, terutama pada helaian permukaan bawah maupun atas daun.<sup>6</sup> Stomata memungkinkan tumbuhan untuk beradaptasi dengan perubahan dan tekanan dari lingkungan sekitarnya.<sup>7</sup> Stomata berperan dalam pertukaran gas dan langsung terpapar oleh gas karbon dioksida, oksigen, serta uap air. Karena letaknya yang langsung berhubungan dengan lingkungan eksternal, stomata bisa dijadikan indikator bagi faktor fisik yang memengaruhi tumbuhan dan struktur anatominya. Tumbuhan yang sering terkena polutan cenderung mengalami kelainan stomata, seperti bentuk yang tidak simetris atau sel penjaganya yang menyusut. Beberapa jenis tumbuhan memiliki kemampuan menyerap gas karbon dengan sangat baik, salah satunya adalah tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus*).<sup>8</sup>

Tumbuhan Angkana (*Pterocarpus Indicus*) adalah salah satu jenis tumbuhan pelindung yang sering ditemukan di pinggiran jalan. Tumbuhan ini mampu menyerap 11,12 kg karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam kurun waktu satu tahun. *Pterocarpus indicus* dipergunakan sebagai pohon pelindung karena tanaman tersebut dapat mengakumulasi zat-zat pencemar di daunnya.<sup>9</sup>

Pencemaran udara adalah masuknya zat-zat asing ke udara akibat aktivitas manusia seperti industri dan transportasi atau proses alam seperti kebakaran hutan. Zat pencemar ini menurunkan kualitas udara hingga melewati batas aman, mengganggu fungsi alami udara untuk mendukung kehidupan. Semua bahan kimia

---

<sup>6</sup> Hery Purnobasuki, *Mengenal Sel dan Jaringan Tumbuhan Informasi Dasar dalam Praktik Pengamatan Struktur Anatomi Tumbuhan*, (Surabaya: Penerbit Airlangga University Press, 2024), h.47

<sup>7</sup> Adelia Neni Afifah Faradina, Identifikasi Tipe Stomata Daun pada Tumbuhan Angiospermae di Kampung Paleman Sebagai Sumber Belajar Biologi Dalam Bentuk E-Katalog”, *Skripsi*, (2022)

<sup>8</sup> Gita Prima Yudha, Zozy Aneloi, M. Idris, “Pertumbuhan Daun Angkana (*Pterocarpus indicus*) dan Akumulasi Logam Timbal (Pb)”. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, Vol. 2, No.2 (2013), h. 83

<sup>9</sup> Dian Rizkiaditama, Elly Purwanti dan Muizzudin, “Analisis Kadar Klorofil pada Pohon Angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) di Kawasan Ngoro Industri Persada (NIP) Ngoro Mojokerta Sebagai Sumber Belajar Biologi”, *Prosiding Seminar Nasional III*, (2017)

atau partikel yang bukan komponen normal udara seperti gas beracun dan debu disebut polutan.<sup>10</sup> Berdasarkan hasil uji emisi yang dilakukan oleh Intan Mulia, di kota Banda Aceh masih terdapat sejumlah kendaraan yang berpotensi mencemari udara. Hal ini dipengaruhi oleh bahan bakar yang dikeluarkan berupa asap oleh kendaraan tersebut. Asap kendaraan mengandung gas berbahaya seperti Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan lainnya.<sup>11</sup> Hal ini dapat memicu penutupan stomata sebagai respons protektif tumbuhan, penutupan stomata secara terus-menerus dapat menghambat fotosintesis dan transpirasi, sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan data resmi Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (DIKPLHD), indeks kualitas udara (IKU) kota Banda Aceh mencapai angka 86,64 yang termasuk dalam kategori baik.<sup>12</sup> Namun, angka rata-rata yang dicantumkan tidak mencerminkan paparan polusi nyata pada area yang memiliki kepadatan aktivitas berbeda. Oleh karena itu, pengamatan dilakukan pada tiga lokasi dengan karakter yang berbeda baik dari segi kerapatan vegetasi, kepadatan lalu lintas serta potensi tingkat paparan polusi udara. Lokasi 1 kawasan Lambaro memiliki kualitas udara yang rendah karena dipicu oleh padatnya kendaraan bermesin diesel. Selain itu keberadaan kantor pelayanan listrik di lokasi tersebut juga mempengaruhi kualitas udara melalui asap kendaraan operasional dan penggunaan genset yang melepas NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub>. Lokasi 2 kawasan kampus UIN Ar-Raniry memiliki indeks kualitas udara sedang. Penurunan kualitas udara di lokasi ini terjadi pada jam sibuk akibat asap kendaraan mahasiswa, namun di lokasi ini terdapat vegetasi pohon yang bisa menyaring udara di lokasi tersebut. lokasi 3 yaitu Taman Hutan Kota BNI Tibang yang merupakan lokasi dengan vegetasi rapat yang

---

<sup>10</sup> Budiman Chandra, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran, 2007), H.75

<sup>11</sup> Intan Mulia Sari, dkk, "Gas Emission Testing of Fuel Based Vehicles at Banda Aceh, Indonesia", *Jurnal of Aceh Physics Society*, Vol.4, No.1 (2015), h.5-6

<sup>12</sup> Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah, Provinsi Aceh Tahun 2025

minim aktivitas kendaraan yang merupakan lokasi dengan indeks kualitas udara tinggi.<sup>13</sup>

Berdasarkan wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Fisiologi Tumbuhan Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry menyampaikan bahwa materi biologi mengenai respons tumbuhan terhadap lingkungan mencakup respon berbagai organ seperti akar, batang, daun, bunga, dan buah. Terkhusus pada organ daun, terdapat stomata yang berfungsi sebagai sel responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan sekitar. Namun, pada materi jam biologi dan respon tumbuhan terhadap lingkungan kurangnya referensi mengenai respons tumbuhan pada daun khususnya stomata pada tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus*) terhadap lingkungan yang beragam seperti polusi udara, pencemaran, dan juga lingkungan yang alami. Oleh karena itu, diperlukan lebih banyak referensi untuk memperluas pembahasan tersebut.<sup>14</sup>

Wawancara dengan mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi yang telah mengikuti mata kuliah Fisiologi Tumbuhan mengonfirmasi bahwa pada materi respon tumbuhan terhadap lingkungan, referensi tentang respons tumbuhan *Angsana* terhadap lingkungan masih terbatas. Hal ini menyebabkan mahasiswa kurang memahami respons spesifik tumbuhan *Angsana* terhadap lingkungan sekitarnya.<sup>15</sup>

Berdasarkan uraian di atas yang telah dikemukakan terkait permasalahan belum adanya penelitian di Kawasan Banda Aceh mengenai Karakteristik stomata *Angsana*. Penelitian ini bertujuan mengisi celah ilmiah tersebut dengan mengkaji karakteristik stomata daun *Angsana* di beberapa lokasi dengan kualitas lingkungan yang berbeda di sekitar Banda Aceh. Tujuannya adalah menentukan apakah variasi kondisi lingkungan mempengaruhi sifat-sifat stomata secara signifikan. Berdasarkan uraian latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **Karakteristik Stomata Tumbuhan *Angsana***

---

<sup>13</sup> Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (DIKPLHD) Kota Banda Aceh Tahun 2021

<sup>14</sup> Hasil Wawancara dengan Dosen Pengampu Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan Prodi Pendidikan Biologi pada Tanggal 28 Oktober 2025.

<sup>15</sup> Hasil Wawancara dengan Mahasiswa Prodi Pendidikan Biologi Leting 2022 yang telah mengambil Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan pada Tanggal 29 Oktober 2025.

**(*Pterocarpus indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan.**

**B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik stomata pada tumbuhan Angsana berdasarkan perbedaan lingkungan di sekitar Banda Aceh sebagai respons tumbuhan terhadap lingkungan?
2. Bagaimana uji kelayakan output yang yang dihasilkan dari penelitian karakteristik stomata tumbuhan Angsana berdasarkan perbedaan lingkungan sebagai referensi mata kuliah Fisiologi Tumbuhan?

**C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik stomata pada tumbuhan Angsana berdasarkan perbedaan lingkungan di sekitar Banda Aceh sebagai respons tumbuhan terhadap lingkungan.
2. Untuk mengetahui uji kelayakan output yang yang dihasilkan dari penelitian karakteristik stomata tumbuhan Angsana berdasarkan perbedaan lingkungan sebagai referensi mata kuliah Fisiologi Tumbuhan

**D. Manfaat Penelitian**

1. Manfaat Praktik

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar dan ppt yang dapat diterapkan langsung dalam kegiatan pembelajaran fisiologi tumbuhan.

2. Manfaat Teori

Secara teoritik penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, yaitu:

- a. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk menambah ilmu pengetahuan dan referensi terkait karakteristik stomata tumbuhan Angsana berdasarkan perbedaan lingkungan bagi

mahasiswa program studi pendidikan biologi, fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry

- b. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan dapat menjadikan sumber belajar dan perbandingan untuk penelitian selanjutnya.

#### E. Defenisi Operasional

Untuk menghindari kesalah pahaman para pembaca dalam memahami karya ilmiah ini, maka perlu kiranya penulis memberikan istilah penting dalam skripsi ini, yaitu:

1. Karakteristik Stomata Karakteristik tumbuhan adalah ciri khas dari suatu tumbuhan yang mampu membedakan antara satu tumbuhan dengan tumbuhan yang lain contohnya stomata. Stomata adalah sel responsif yang membantu tumbuhan beradaptasi dengan lingkungan.<sup>16</sup> Dalam penelitian ini, karakteristik stomata yang dimaksud adalah meliputi tipe, distribusi stomata pada tumbuhan angkana, tingkat kerusakan stomata dianalisis secara visual dengan menghitung jumlah sel penjaga yang mengalami perubahan bentuk sel penutup dan celah stomata melalui pengamatan mikroskopis. Kerapatan stomata pada permukaan daun dihitung berdasarkan jumlah total stomata per luas bidang pandang ( $\text{mm}^2$ ) menggunakan mikroskop cahaya.
2. Tumbuhan Angkana (*Pterocarpus indicus*), Tumbuhan Angkana menjadi salah satu jenis tumbuhan pelindung yang sering ditemukan di pinggiran jalan karena tanaman tersebut dapat mengakumulasi zat-zat pencemar di daunnya.<sup>17</sup> Penelitian ini berfokus pada tumbuhan angkana yang terdapat di kawasan dengan pencemaran tinggi karena polutan, kawasan pencemaran sedang serta kawasan tanpa pencemaran atau alami. Fokus pengamatan ini pada karakteristik sel stomata yang terdapat pada organ daun.

---

<sup>16</sup>Meiliana Friska, dkk, *Fisiologi Tanaman*, (Banjarnegara: Penerbit Qriset Indonesia, 2025), h.35-38

<sup>17</sup>Saukia Salsabila, "Respon Pertumbuhan Angkana (*Pterocarpus indicus*) Terhadap Konsentrasi ZPT Growtone dan Variasi Diameter Stek di Kebun Percobaan Universitas Hasanuddin", *Skripsi*, (2023)

3. Kota Banda Aceh. Secara geografis, kota Banda Aceh terletak di bagian paling barat laut Pulau Sumatera menciptakan kondisi demografis yang menjadikan kawasan perkotaannya rentan terhadap akumulasi polutan udara. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menentukan tiga stasiun penelitian yaitu lingkungan polusi tinggi yaitu di sepanjang jalanan Lambaro, lingkungan polusi ringan yaitu di kawasan kampus, dan lingkungan yang masih asri atau alami yaitu di taman kota BNI tibang. Penentuan kategori ini didasarkan pada tingkat kepadatan aktivitas kendaraan dan aktivitas masyarakat di lokasi penelitian.
4. Referensi Mata kuliah Fisiologi Tumbuhan. Referensi adalah sumber acuan (rujukan, petunjuk) mengenai suatu informasi yang dilakukan seseorang untuk membantu seseorang mendapatkan informasi.<sup>18</sup> Referensi dapat berupa berbagai bentuk sumber informasi yang sah, seperti buku, jurnal ilmiah, maupun video dokumentasi kegiatan pembelajaran.<sup>19</sup> Pada penelitian ini, referensi yang dimaksud adalah Buku ajar Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana di Sekitar Banda Aceh dan ppt yang dapat dijadikan acuan dalam pembelajaran Fisiologi Tumbuhan.
5. Perbedaan Lingkungan. Lingkungan merupakan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan struktur anatomi tumbuhan. Menurut teori fisiologi tumbuhan, tumbuhan akan melakukan adaptasi terhadap kondisi lingkungan melalui perubahan jumlah, ukuran dan kerapatan stomata.<sup>20</sup> Perbedaan lingkungan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah suatu kondisi dimana lingkungan tersebut memiliki karakter yang berbeda baik dari segi kerapatan vegetasi, kepadatan lalu lintas serta potensi tingkat paparan polusi udara. Kawasan Lambaro yang berpolusi tinggi akibat aktivitas kendaraan dan

---

<sup>18</sup> Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (Edisi ke-IV)*, (Jakarta: Gramedia Pustaka, 2008), h.697.

<sup>19</sup> Chairanu Hanum, *Ekologi Tanaman*, (Medan : USU Perss, 2009), h.1

<sup>20</sup> Alistair M.H dan F. Ian Woodward, "The Role of Stomata in Sensing and Driving Environmental Change", *Jurnal Nature*, 424, 901-908 (2003)

operasional kantor listrik, kampus UIN Ar-Raniry yang berpolusi sedang pada jam sibuk namun terbantu oleh vegetasi kampus, serta Taman Hutan Kota BNI Tibang yang memiliki vegetasi yang rapat serta minimnya aktivitas kendaraan.

6. Uji Kelayakan Output

Buku ajar tentang Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana di Sekitar Banda Aceh yang dihasilkan dalam penelitian ini akan dilakukan uji kelayakan dalam beberapa indikator penilaian yang terdiri dari komponen kelayakan Buku ajar yang divalidasi oleh ahli media dan ahli materi.



## F. Kajian Penelitian Terdahulu

1. Penelitian mengenai karakteristik stomata telah dilakukan Kamaluddin, et al (2020) dengan judul “Karakteristik Stomata pada Berbagai Jenis Daun Pohon di Sekitar Kampus Universitas Timor”. Data dianalisis secara deskriptif melalui pengamatan stomata di lapangan, ditemukan 13 jenis tumbuhan dengan 4 tipe stomata: *paracytic* (seperti pada spesies *Filicium decipiens*, luas pengamatan 0,1372 mm<sup>2</sup>), *anomocytic* (pada *Cocos nucifera*, luas 0,0633 mm<sup>2</sup>), *anisocytic* (pada *Gliricidia sepium*, luas 0,1372 mm<sup>2</sup>), dan *actinocytic* (pada *Anacardium occidentale* dan *Citrus aurantiifolia*, luas 0,1372 mm<sup>2</sup>). *Santalum album* memiliki jumlah stomata terbanyak (105), sedangkan *Dracaena fragrans* paling sedikit (4). *Cocos nucifera* menunjukkan stomata terbesar (panjang 28,7 µm, lebar 13,4 µm), dibandingkan *Citrus aurantiifolia* (panjang 6,3 µm, lebar 5,05 µm).
2. Penelitian mengenai karakteristik stomata juga telah dilakukan oleh Muttaqin, et al (2016) mengenai “Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (*Mangifera indica*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan”, Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif analitis dengan survei di dua lokasi: Jalan Kidang Pananjung (tercemar) dan Cagar Alam Pangandaran (bersih). Parameter yang diukur meliputi kerapatan dan kerusakan stomata, luas daun, berat debu, serta faktor lingkungan seperti cahaya dan jumlah kendaraan. Analisis stomata dilakukan dengan replika kuteks yang diamati di bawah mikroskop 400x untuk menghitung kerapatan dan persentase kerusakannya. Hasil penelitian mengungkap perbedaan signifikan antara kedua lokasi. Daun mangga di jalan ramai memiliki kerapatan stomata 547/mm<sup>2</sup> dan kerusakan 39,61%, jauh lebih tinggi dibanding di cagar alam (280/mm<sup>2</sup> dan 16,1%). Debu yang menempel di lokasi tercemar juga lebih banyak.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Fisiologi Tumbuhan

##### 1. Pengertian Fisiologi Tumbuhan

Tumbuhan merupakan salah satu jenis organisme multiseluler yang bersifat autotrof, yaitu organisme yang mampu mensintesis makanan secara mandiri. Ilmu yang mempelajari tumbuhan dikenal sebagai botani, yang kajiannya mencakup morfologi tumbuhan (struktur luar dan daun), anatomi tumbuhan, taksonomi tumbuhan (klasifikasi), ekologi tumbuhan (interaksi dengan lingkungan), serta fisiologi tumbuhan (fungsi dan proses internal).

Fisiologi tumbuhan berasal dari kata Yunani "*physis*" yang berarti alam dan "*logos*" yang artinya ilmu pengetahuan. Secara keseluruhan fisiologi merupakan cabang botani yang meneliti sistem kehidupan dalam tubuh tumbuhan, responsnya terhadap pengaruh lingkungan, serta proses metabolisme yang memungkinkan kelangsungan hidupnya. Dengan kata lain, fisiologi tumbuhan memfokuskan pada berbagai aktivitas dan proses metabolik yang terjadi di dalam tubuh tumbuhan.<sup>21</sup>

##### 2. Konsep Dasar Fisiologi Tumbuhan

Dalam bidang biologi, fisiologi tumbuhan mengkaji beragam proses fungsional dan metabolisme yang terjadi pada tumbuhan, mencakup mekanisme pertumbuhan, perkembangan, serta tanggapan terhadap rangsangan lingkungan. Salah satu proses fisiologis yang mendasar adalah transpirasi, yakni hilangnya air dari jaringan tumbuhan dalam wujud uap air yang sebagian besar berlangsung melalui mulut daun atau stomata. Stomata sendiri merupakan struktur mikroskopis pada permukaan daun yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam proses pertukaran gas serta pengaturan keseimbangan cairan.

---

<sup>21</sup> Getrudis Wihelmina Nau, *Fisiologi Tumbuhan*, (Bandung: Penerbit Widina Media Utama, 2024), h.1

Proses transpirasi yang terjadi melalui stomata dikendalikan oleh sejumlah faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor internal mencakup karakteristik stomata seperti bentuk, sebaran, serta kemampuan membuka dan menutup yang diatur oleh sel penjaga. Adapun faktor eksternal meliputi kondisi kelembaban udara, suhu lingkungan, tingkat pencahayaan, dan gerakan angin. Di samping itu, transpirasi memiliki kaitan erat dengan prinsip kohesi dan adhesi pada kolom air di dalam xilem. Air yang menguap melalui daun akan menarik kolom air dari akar, sehingga tercipta aliran air yang berkesinambungan dari bawah ke atas tubuh tumbuhan.<sup>22</sup>

Di satu sisi, transpirasi berperan penting dalam mendinginkan permukaan daun melalui mekanisme penguapan serta memfasilitasi penyerapan dan pengangkutan unsur hara dari dalam tanah. Namun di sisi lain, terjadinya transpirasi menciptakan suatu paradigma fisiologis. Stomata harus terbuka agar karbon dioksida dapat berdifusi masuk untuk keperluan fotosintesis, namun di saat yang sama pembukaan stomata justru meningkatkan penguapan air. Tumbuhan memiliki berbagai mekanisme penyesuaian diri, salah satunya adalah menutup stomata ketika menghadapi kondisi kekeringan guna meminimalkan kehilangan air.

## **B. Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*)**

### **1. Definisi Angsana**

Pohon angsana (*Pterocarpus indicus*) merupakan spesies pohon deciduous berumah dua dengan kisaran tinggi 30 hingga 40 meter dan diameter batang dapat melebihi 2 meter. Secara morfologis, pohon ini umumnya memiliki bentuk yang tidak beraturan, percabangan pendek, serta dilengkapi dengan banir (akar papan). Ciri khasnya adalah menghasilkan eksudat atau getah berwarna merah gelap yang dikenal sebagai 'kino' atau 'darah naga'.

Daun angsana tergolong majemuk menyirip, terdiri dari 5 hingga 11 anak daun yang permukaannya ditutupi oleh bulu-bulu halus. Perbungaan muncul di ujung cabang dengan panjang antara 6 hingga 13 cm. Bunga bersifat

---

<sup>22</sup> Linda Advinda, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*, (Yogyakarta: Penerbit Deepublish, 2018), h.39

hermafrodit (memiliki kedua alat kelamin), berwarna kuning cerah, dan mengeluarkan aroma harum. Buah angšana berbentuk polong yang tidak merekah dan dilengkapi dengan struktur sayap besar (samara). Bentuk buah bulat dengan warna coklat muda, berdiameter 4–6 cm. Bagian biji dikelilingi oleh sayap berukuran 1–2,5 cm, dengan diameter biji 2–3 cm dan ketebalan 5–8 mm. Permukaan biji bervariasi dari halus pada forma *indicus* hingga berbulu lebat pada forma *echinatus*. Angšana banyak dibudidayakan di wilayah tropis dan memiliki sebaran alami di hutan primer serta beberapa hutan sekunder dataran rendah.<sup>23</sup>

## 2. Klasifikasi Tumbuhan Angšana

Berdasarkan taksonominya, tumbuhan angšana digolongkan sebagai berikut

|         |                                            |
|---------|--------------------------------------------|
| Kingdom | : Plantae                                  |
| Divisi  | : Spermatophyta                            |
| Kelas   | : Dicotyledone                             |
| Ordo    | : Resales                                  |
| Famili  | : Fabaceae                                 |
| Genus   | : Pterocarpus                              |
| Spesies | : <i>Pterocarpus indicus</i> <sup>24</sup> |



Gambar 2.1. Tumbuhan angšana<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Adi Firmansyah, dkk, *Tumbuhan Terancam Punah di Hutan Kota Ranggawulung Subang*, (Bogor: Penerbit PT Dakara Consulting LCA Indonesia, 2021), h.36

<sup>24</sup> Fransina. S. Latumahina, dkk, *Potensi Hasil Hutan Bukan Kayu Untuk Peningkatan Nilai Ekonomi di Kabupaten Seram Bagian Barat*, (Indramayu: Penerbit Adab, 2022), h. 65

<sup>25</sup> Denpasar Kota, go.id, Pohon angšana (*Pterocarpus indicus*), 25 Mei 2023. Diakses pada tanggal 20 November 2025 dari situs: [Sumber foto Angšana](#)

## C. Jaringan pada Tumbuhan

### 1. Pengertian Jaringan

Jaringan adalah sekumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama, yang melaksanakan suatu fungsi fisiologi yang sama yaitu membentuk organ. Jaringan tumbuhan adalah hasil dari deferensiasi dari sel-sel tumbuhan yang membelah dari pembelahan embrional. Istilah ini digunakan untuk menyatakan kumpulan sel yang memiliki asal-usul, struktur, dan fungsi yang serupa. Ilmu yang mengkaji tentang jaringan dikenal sebagai histologi.<sup>26</sup>

### 2. Macam-Macam Jaringan

Terdapat dua tipe jaringan pada tumbuhan yang dikaji berdasarkan sifatnya, yaitu jaringan meristem (jaringan muda) dan jaringan dewasa.<sup>27</sup>

#### a. Jaringan Muda (*Meristem*)

Jaringan meristem merupakan jaringan yang sel-selnya tetap dan bersifat embrional, maksudnya adalah kemampuan sel yang dapat membelah secara terus-menerus untuk menambah jumlah sel. Jaringan meristem pada tumbuhan tidak terdapat di seluruh bagian tubuh tumbuhan tetapi hanya pada bagian tertentu saja. Jaringan ini ditemukan pada organ yang masih aktif melakukan pembelahan.

Berdasarkan letaknya, jaringan meristem diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu meristem apikal (meristem ujung), meristem interkalar, atau meristem antara, meristem lateral (meristem samping). Jaringan meristem, jika dilihat dari asalnya, dibedakan menjadi dua macam yaitu, Meristem primer, yang berasal dari sel-sel embrional dan merupakan kelanjutan dari perkembangan embrio tanaman. Sedangkan meristem sekunder berasal dari jaringan yang sudah dewasa dan mengalami diferensiasi ulang yang mempunyai kemampuan meristematik kembali.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Hartono Nugroho, dkk, *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*, (Jakarta: Penebar swadaya, 2012), h. 81

<sup>27</sup> Ervaningsih, dkk, *Dasar Ilmu Farmasi*, (Makassar: Penerbit Tohar Media, 2019), h. 72

<sup>28</sup> Sri Wahyuni, dkk, *Anatomi Fisiologi Tumbuhan*, (Malang: UMM Press, 2019), h. 43

#### b. Jaringan Dewasa

Jaringan dewasa, yang sering kali disebut sebagai jaringan permanen, memiliki sifat yang tidak dapat berubah kembali atau irreversible. Hal ini berarti bahwa setelah mengalami proses diferensiasi, jaringan tersebut tidak lagi mampu kembali ke kondisi muda atau embrionik.

Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan dewasa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu, jaringan sederhana dan jaringan kompleks. Jaringan sederhana, seperti parenkim, kolenkim, dan sklerenkim, bersifat homogen dan hanya terdiri dari satu jenis sel saja. Di sisi lain, jaringan kompleks, termasuk xilem, floem, dan epidermis, memiliki sifat heterogen karena tersusun dari dua jenis sel atau lebih. Epidermis pada jaringan kompleks mencakup stomata, rambut atau trikom serta papila, epidermis daun, epidermis batang, epidermis akar, dan epidermis ganda.<sup>29</sup> Yang menjadi fokus penelitian ini adalah stomata yang terdapat pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus*).

---

<sup>29</sup> Florentina Y Sepe, *Buku Ajar Biologi Dasar*, (Yogyakarta: Zahir Publishing, 2022), h.70

## D. Stomata

### 1. Pengertian dan Fungsi Stomata dalam Fisiologi Tumbuhan

Stomata merupakan salah satu struktur pada sel tumbuhan yang berperan dalam mengatur kehilangan air. Struktur ini terdiri dari sepasang sel penjaga epidermis daun yang membentuk celah yang dibatasi oleh dua sel penutup. Celah pada stomata memungkinkan pertukaran uap air dan gas antara bagian dalam stomata dengan lingkungan luar. Sebagai turunan epidermis, stomata memiliki bentuk dan fungsi spesifik, yaitu sebagai lokasi pertukaran oksigen dari jaringan ke atmosfer serta pertukaran karbondioksida dari atmosfer ke jaringan.<sup>30</sup>



Gambar 2.2 stomata<sup>31</sup>

### 2. Struktur Stomata

Stomata sebagai organel sel memiliki struktur yang terdiri dari:

#### a. Sel penutup

Sel-sel penutup atau disebut juga dengan sel penjaga merupakan sel epidermis yang telah mengalami modifikasi morfologi, dengan fungsi utamanya adalah mengatur ukuran celah. Sel penutup berperan dalam mengontrol pelebaran dan penyempitan celah

<sup>30</sup> Sari Niswatul Muthi'ah dan Qurrota A'yun, "Identifikasi dan Karakterisasi Tipe Stomata pada *Hibiscusrosa sinensis*, *Tamarindus indica* dan *Mangifera indica* dengan Teknik Replika", *Jurnal Indigenous Biologi*, Vol.5, No.1 (2022), h.9

<sup>31</sup> Microscopy of Nature., Diakses pada tanggal 20 November 2025 dari situs [Sumber foto Stomata](#)

melalui perubahan bentuknya. Sel penutup yang terdiri dari sepasang sel yang umumnya simetris dan berbentuk seperti ginjal.

b. Sel Tetangga

Selain sel penutup, terdapat pula sel tetangga yang memiliki bentuk berbeda dan terkadang komponen yang berbeda pula. Sel tetangga berperan dalam perubahan osmotik yang memicu gerakan sel penutup untuk mengatur lebar celah. Sel ini terletak di sekitar sel penutup, dapat digambarkan sebagai sel-sel yang mengelilingi sel penutup.<sup>32</sup>

c. Celah (*Porus*)

Diantara kedua sel penutup terdapat celah kecil yang dikenal sebagai porus. Sel penutup berperan penting dalam mengatur pembukaan dan penutupan porus tersebut. Porus ini terhubung dengan udara di lingkungan luar, yang sangat difasilitasi oleh adanya rongga depan dan birai-birai atas. Demikian pula, hubungannya dengan ruang udara di dalam daun didukung oleh rongga belakang dan birai-birai bawah.

d. Ruang Udara Dalam

Ruang udara dalam atau ruang substomatal merupakan suatu rongga interseluler berukuran besar yang terletak tepat di bawah stomata. Secara fisiologis, ruang ini memiliki fungsi ganda dalam mendukung tiga proses utama, yaitu fotosintesis, transpirasi, dan respirasi. Secara struktural, ruang udara ini membentuk suatu sistem yang terhubung secara teratur dengan jaringan ruang antar sel lainnya di mesofil daun, sehingga memungkinkan pertukaran gas yang efisien hingga ke bagian paling dalam jaringan daun.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Dewi Puspita Sari dan Harlita, "Preparasi Hands Free Section dengan Teknik Replika untuk Identifikasi Stomata", *Proceeding Biology Education Conference*, Vol.15, No.1, (2018), h.660-664

<sup>33</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*, (Jakarta: Rajawali Press, 2013), h.139.

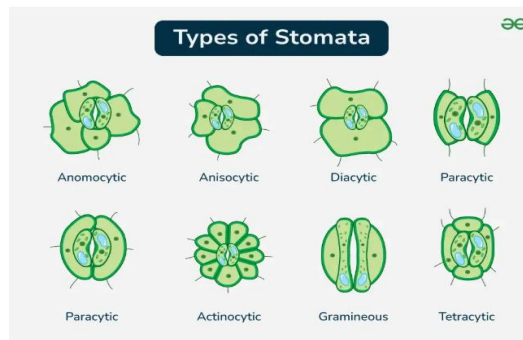
### 3. Tipe Stomata

Secara morfologi, stomata pada tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi enam tipe utama.

1. Tipe anomositik, di mana sel penutup dikelilingi oleh sejumlah sel tetangga yang tidak dapat dibedakan bentuk dan ukurannya dari sel epidermis lainnya. Tipe ini umum ditemukan pada famili Ranunculaceae, Geraniaceae, Capparidaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Tamaricaceae, Curculariaceae, dan Papaveraceae.
2. Tipe anisositik, yang ditandai oleh sel penutup yang dikelilingi tiga sel tetangga dengan ukuran yang tidak sama. Tipe ini sering terlihat pada famili Cruciferae (sekarang dikenal sebagai Brassicaceae), serta genus seperti Nicotiana, Solanum, dan Sedum.
3. Tipe parasitik, di mana setiap sel penutup didampingi oleh satu atau lebih sel tetangga yang letaknya sejajar dengan stomata. Tipe ini biasanya terdapat pada famili Rubiaceae, Magnoliaceae, Convolvulaceae, dan Mimosaceae, serta beberapa genus dari Papilionaceae seperti Ononis, Arachis, Phaseolus, dan Pisum, serta berbagai spesies dari famili lainnya.
4. Tipe diasitik, yang dicirikan oleh setiap stomata dikelilingi dua sel tetangga dengan letak yang memotong stomata. Tipe ini antara lain ditemukan pada famili Caryophyllaceae dan Acanthaceae.
5. Tipe aktinositik, yang merupakan variasi dari tipe diasit, di mana stomata dikelilingi oleh sel tetangga yang tersusun secara teratur. Tipe ini, misalnya, terdapat pada tanaman teh atau *Camellia sinensis*.
6. Tipe siklositik, Stomata tipe siklositik memiliki susunan unik dimana sel-sel tetangga tersusun melingkar mengelilingi sel penjaga. Pola cincin ini membentuk struktur simetris yang menjadi ciri khas. tipe stomata ini umumnya terdapat pada famili Araceae seperti tanaman *Aglaonema*.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Adam Smith Bago dan Yohanna Theresua Venty F., *Penuntun Praktikum Fisiologi Tumbuhan*, (Sukabumi: Jejak Publisher, 2023), h.102



Gambar 2.3 Tipe Stomata Dicotyledoneae<sup>35</sup>

#### 4. Distribusi Tumbuhan

Stomata merupakan struktur yang terdapat pada organ tumbuhan seperti daun dan batang, dengan kepadatan yang lebih tinggi umumnya ditemukan pada daun. Distribusi stomata terbagi menjadi tiga tipe utama hipostomatik, epistomatik dan amfistomatik. Tipe ini dikelompokkan berdasarkan keberadaan dan penyebaran stomata tersebut pada permukaan daun.<sup>36</sup>

Tipe hipostomatik adalah kondisi stomata pada daun yang hanya terdapat di permukaan bawah daun (abaksial). Stomata dengan tipe ini umumnya terdapat pada tumbuhan dikotil dan sebagian besar pohon yang berfungsi sebagai respon tumbuhan untuk menghindari paparan langsung terhadap sinar matahari dan panas berlebih yang dapat meningkatkan laju transpirasi secara drastis. Tipe epistomatik memiliki stomata yang terdapat pada permukaan atas daun (adaksial). Tipe ini umumnya terdapat pada tumbuhan air dengan daun mengapung yang merupakan adaptasi khusus dari tumbuhan tersebut terhadap lingkungan. Tipe amfistomatik dicirikan dengan keberadaan stomata pada kedua permukaan daun yaitu di sisi atas (adaksial) dan di sisi bawah (abaksial). Namun, sangat penting diketahui bahwa distribusi stomata tidak selalu sama. Dalam beberapa spesies, jumlah stomata bisa relatif sama di

<sup>35</sup> GreeksforGreeks.Types of Stomata, 23 Juli 2025. Diakses pada tanggal 20 November 2025 di situs: [Sumber foto Tipe stomata](#)

<sup>36</sup> Hesty Ester Taluta, dkk, "Pengukuran Panjang dan Lebar Pori Stomata Daun Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.), *Jurnal Mipa Unsrat Online*, Vol.6, No.2 (2017), h.1-5

kedua sisi tapi pada spesies lain, distribusi stomata memiliki perbedaan antara sisi atas dan sisi bawah. Hal diketahui dengan istilah anisostomatik yaitu digunakan untuk menggambarkan kondisi stomata yang terdapat di kedua sisi tetapi kerapatan yang berbeda antar kedua sisi tersebut.

## 5. Kerapatan Stomata

Kerapatan stomata merupakan jumlah stomata per satuan luas permukaan daun yang umumnya dinyatakan dalam satuan jumlah per  $\text{mm}^2$ . Secara teoritis, nilai kerapatan ini diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah total stomata yang ditemukan dengan luas bidang pandang pengamatan pada mikroskop. Kerapatan stomata diklasifikasikan menjadi kerapatan rendah ( $<200/\text{mm}^2$ ), kerapatan sedang ( $300\text{--}500/\text{mm}^2$ ) dan kerapatan tinggi ( $>500/\text{mm}^2$ ).<sup>37</sup> Kerapatan stomata diketahui berpengaruh terhadap jumlah  $\text{CO}_2$  yang difiksasi tanaman.<sup>38</sup> Semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, maka semakin tinggi pula potensi suatu tumbuhan menyerap partikel di udara.<sup>39</sup>

## 6. Kerusakan stomata

Stomata merupakan bagian dari tumbuhan yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, seperti pencemaran udara, cekaman kekeringan, suhu tinggi dan lainnya. Paparan kondisi lingkungan yang tidak normal dapat menyebabkan perubahan struktur pada stomata. Perubahan ini ditandai dengan adanya perubahan bentuk stomata seperti penyempitan celah stomata, kerusakan sel penjaga, penurunan jumlah stomata aktif, munculnya jaringan nekrosis di sekitar epidermis daun, hingga penutupan stomata yang berlebihan.<sup>40</sup>

<sup>37</sup> H. Dama, dkk, "Respon Kerapatan Stomata dan Kandungan Klorofil Padi (*Oryza sativa* L.) Mutan Terhadap Toleransi Kekeringan", *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, Vol.16, No.1 (2020), h. 1-6

<sup>38</sup> Yasminatul Khoiroh, Nunung H, dan Retno M, "Pertumbuhan Serta Hubungan Kerapatan Stomata dan Berat Umbi pada *Amorphophallus muelleri* Blume dan *Amorphophallus variabilis* Blume" *Jurnal Biotropica*, Vol.2, No.5 (2014), h.249-253

<sup>39</sup> Malia Zahroh, "Potensi Pohon Pelindung Jalan Untuk Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) di Daerah Padat Lalu Lintas Kota Malang, Skripsi, (Malang: UIN Malang)

<sup>40</sup> Zhaolai Guo, dkk, "Effect of Heavy Metals on Stomata in Plants: A Review", *Internasional Jurnal of Molecular Science*, Vol.24, No.11 (2023).

Kerusakan stomata dapat menyebabkan terganggunya proses transpirasi dan fotosintesis sehingga pertumbuhan tumbuhan menjadi terhambat. Penelitian pada tumbuhan di daerah tercemar menunjukkan adanya perubahan karakteristik stomata dibandingkan dengan tumbuhan yang tumbuh pada lingkungan normal, sehingga stomata digunakan sebagai indikator biologis terhadap kualitas lingkungan.<sup>41</sup>

## 7. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Karakteristik Stomata

Lingkungan merupakan komponen krusial dalam siklus kehidupan manusia. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pada Pasal 1 ayat (1), mendefinisikan lingkungan hidup sebagai kesatuan ruang yang mencakup semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia serta perilakunya, yang saling mempengaruhi kelangsungan kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.<sup>42</sup> Lingkungan merupakan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan struktur anatomi tumbuhan. Menurut teori fisiologi tumbuhan, tumbuhan akan melakukan adaptasi terhadap kondisi lingkungan melalui perubahan jumlah, ukuran dan kerapatan stomata. Stomata adalah struktur kecil di permukaan daun yang sangat penting untuk mengatur pertukaran gas, penguapan air, dan proses fotosintesis pada tanaman.<sup>43</sup> Khususnya pada daun angkana (*Pterocarpus indicus*), pohon tropis yang sering tumbuh di area lembap, ciri-ciri stomata seperti ukurannya, kepadatan, serta cara membuka dan menutupnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar. Cahaya, contohnya, mendorong stomata terbuka lewat sinyal fototropik untuk mendukung fotosintesis saat siang, sedangkan

---

<sup>41</sup> David M. Olszyk dan Theodore W.T, "Stomatal Response and Leaf Injury of *Pisum sativum* L. With SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Exposures: Influence of Pollutant Level and Leaf Maturity", *Jurnal Plant Physiology*, Vol.67, No.3 (1981), h.593-544

<sup>42</sup> Dale Dompas Sompotan dan Janes S. "Pencegahan Pencemaran Lingkungan", *Jurnal Sainteks*, Vol.1, No.1 (2022), h.6-16

<sup>43</sup> Lawson, T., & Blatt, M. R., "Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency.", *Jurnal Plant Physiology*, Vol. 164, No.4, (2014), h.1556-1570.

di malam hari, stomata biasanya menutup agar tidak kehilangan air terlalu banyak.

Suhu juga memainkan peran besar, di suhu ideal sekitar 25-30°C untuk tanaman tropis seperti angsa, stomata membuka lebih lebar untuk memudahkan masuknya CO<sub>2</sub>, tapi suhu yang ekstrem bisa membuatnya menutup sebagai bentuk perlindungan dari stres panas. Kadar CO<sub>2</sub> di udara mengatur respons stomata melalui mekanisme umpan balik, di mana peningkatan CO<sub>2</sub> sering kali mengurangi pembukaan stomata untuk efisiensi energi, sementara penurunan kadarnya justru membuat stomata lebih terbuka.<sup>44</sup> Kelembapan udara pun ikut berpengaruh, dengan udara kering yang mendorong penutupan stomata untuk menghindari kekeringan, terutama bagi daun angsa di lingkungan tropis yang kelembapannya berubah-ubah sepanjang hari.<sup>45</sup>

Cara stomata angsa menyesuaikan diri dengan faktor-faktor lingkungan ini menunjukkan adaptasi optimal untuk meningkatkan kinerja fisiologis pada tumbuhan tersebut. Perubahan kondisi cuaca, kualitas udara dapat mengubah bentuk serta fungsi stomata.

## **8. Mekanisme Membuka dan Menutupnya Stomata**

Stomata berasal dari kata Yunani "stoma", yang berarti lubang atau porus, dan merujuk pada lubang kecil berbentuk lonjong yang dikelilingi oleh dua sel epidermis khusus, yaitu sel penutup. Sel penutup ini adalah sel-sel epidermis yang telah mengalami modifikasi bentuk dan fungsi, sehingga mampu mengatur ukuran lubang stomata. Sel penutup merupakan sel hidup yang mengandung kloroplas, dan berperan penting dalam proses membuka serta menutup stomata. Mekanisme ini penting untuk asimilasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan menjaga keseimbangan air dalam tanaman.

---

<sup>44</sup> Ainsworth, E. A., & Rogers, A. "The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising (CO<sub>2</sub>): Mechanisms and environmental interactions". *Jurnal Plant, Cell & Environment*, Vol.30, No.3, (2007)., h.258-270.

<sup>45</sup> Buckley, T. N. "The control of stomata by water balance". *Jurnal New Phytologist*, Vol.168, No.2, (2005), h. 275-292.

Proses membuka dan menutup stomata dipengaruhi oleh perubahan turgor tekanan internal pada sel penjaga. Ketika tekanan turgor meningkat, sel penjaga mengembang sehingga menyebabkan stomata cenderung terbuka, sedangkan ketika tekanan turgor menurun, maka akan menyebabkan stomata menutup karena sel penjaga akan mengempis. Tekanan turgor berhubungan dengan metabolisme penyerapan ion, terutama ion kalium ( $K^+$ ). Kalium merupakan nutrisi utama yang mengatur tekanan osmotik tanaman. Peran ini sangat penting untuk perluasan sel dan pengangkutan ion, juga menghasilkan potensi osmotik tinggi di akar, hingga pembukaan dan penutupan stomata.<sup>46</sup> Peningkatan konsentrasi kalium di dalam sel penjaga akan membuat stomata membuka lebih lebar, sementara penurunan konsentrasi tersebut memicu penutupan. Dengan kata lain, akumulasi kalium pada sel stomata menjadi kunci utama dalam mekanisme ini. Mekanisme pembukaan dan penutupan stomata ini secara keseluruhan membantu tanaman menjaga efisiensi keseimbangan air, terutama dalam kondisi tanah yang bervariasi.<sup>47</sup>

Secara umum, stomata pada kebanyakan tumbuhan terbuka pada siang hari saat intensitas cahaya meningkat. Cahaya akan merangsang masuknya ion kalium ( $K^+$ ) ke dalam sel penjaga sehingga air masuk secara osmosis dan menyebabkan sel penjaga mengembang sehingga celah stomata terbuka dan memungkinkan masuknya karbon dioksida ( $CO_2$ ) untuk proses fotosintesis.<sup>48</sup> Stomata biasanya membuka saat matahari terang, memfasilitasi asimilasi  $CO_2$  di siang hari, dan menutup secara bertahap menjelang sore. Namun, jika tanaman tiba-tiba dipindahkan ke kondisi tanpa cahaya, stomata akan menutup lebih cepat sebagai respons adaptasi.<sup>49</sup>

Stomata pada tumbuhan melakukan penutupan pada malam hari atau di saat tumbuhan kekurangan air. Dalam kondisi ini, ion kalium keluar dari sel

---

<sup>46</sup> Sulli Suswana dan Lilis Irmawatie, *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*, (Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2025), h.333

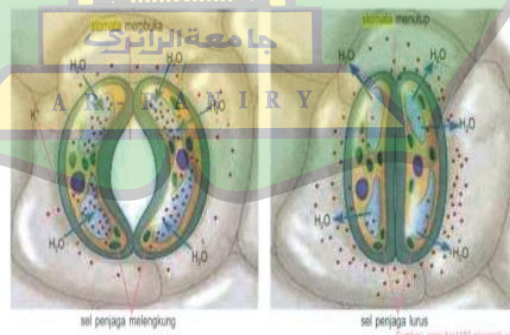
<sup>47</sup> Suriyah Satar, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, (Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024), h.59

<sup>48</sup> Campbell, *Biologi*, (Jakarta: Erlangga, 2003), h.331

<sup>49</sup> Sri, Haryati, Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai (*Glycine max* L.) merri) pada Pagi Hari dan Sore, *Jurnal Bioma*, Vol.19, No.1, 2009, h.18

penjaga sehingga menyebabkan air keluar dari sel. Hal ini menyebabkan tekanan turgor menurun dan sel penjaga mengempis dan stomata menutup. Penutupan stomata berfungsi untuk mengurangi kehilangan air berlebihan melalui proses transpirasi.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mekanisme pembukaan dan penutupan stomata, yaitu cahaya, karbon dioksida, stres (cekaman) lingkungan khususnya kekeringan, suhu dan kelembapan udara. Cahaya merupakan salah satu faktor yang memengaruhi pembukaan dan penutupan stomata. Cahaya meningkatkan aktivitas fotosintesis pada sel penjaga sehingga ion kalium masuk ke dalam sel dan menyebabkan stomata membuka. Selain itu, rendahnya konsentrasi  $\text{CO}_2$  di dalam daun juga dapat memicu pembukaan stomata. Faktor stress karena kekeringan juga dapat menyebabkan stomata menutup sebagai bentuk adaptasi untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Kondisi ini dipengaruhi oleh meningkatnya hormon asam absisat (ABA) yang diproduksi oleh akar dan dialirkan ke daun sehingga memicu penutupan stomata. Selain itu, suhu udara yang tinggi serta kelembapan udara yang rendah juga menyebabkan stomata menutup karena dapat meningkatkan laju penguapan air pada tumbuhan.<sup>50</sup>



Gambar 2.4 Mekanisme membuka dan menutupnya stomata<sup>51</sup>

<sup>50</sup> Getrudis Wilhelmina Nau, *Fisiologi Tumbuhan*, (Bandung: Widina Media Utama, 2024), h. 31-32

<sup>51</sup> Deswaty Furqonita, *Seri Ipa Biologi 2*, (Jakarta: Penerbit Yudhistira, 2007), h.191

### E. Identifikasi Tipe Stomata dengan Metode Sayatan

Metode sayatan paradermal merupakan metode yang umum digunakan untuk melihat bentuk stomata suatu tanaman. Adapun Metode pembuatan preparat untuk melihat stomata adalah metode sayatan paradermal yaitu sebagai berikut:

- a. Permukaan atas dan bawah daun yang telah diambil dibersihkan dari debu atau kotoran dengan cara meniupnya atau menggunakan tisu.
- b. Dibuatlah sayatan paradermal pada permukaan bawah daun angkana.
- c. Ditempelkan pada kaca objek yang telah diberi setetes air, lalu tutup dengan kaca penutup.
- d. Preparat diamati menggunakan mikroskop binokuler. Gambar stomata yang telah diamati diambil dengan kamera, kemudian karakteristik stomata diidentifikasi.
- e. Dilakukan pengamatan tipe stomata dengan menggunakan mikroskop. Setelah teramati dengan jelas tipe stomata, selanjutnya diidentifikasi tipe stomatanya.<sup>52</sup>

### F. Kota Banda Aceh

Banda Aceh sebagai ibu kota Provinsi Aceh di Indonesia, merupakan kota yang kaya akan sejarah dan keunikan geografis, terutama jika dilihat dari perspektif penelitian lingkungan dan biologi tumbuhan. Kota ini terletak di ujung utara Pulau Sumatera, berbatasan langsung dengan Samudera Hindia.<sup>53</sup>

Secara geografis, Banda Aceh berada pada koordinat sekitar 5°33' LU dan 95°19' BT, dengan topografi yang bervariasi mulai dari dataran rendah di pesisir hingga perbukitan di pedalaman, yang pada akhirnya memengaruhi pola aliran sungai dan distribusi vegetasi lokal. Kota ini memiliki luas wilayah sekitar 61,36 km<sup>2</sup> dan populasi sekitar 250.000 jiwa pada tahun 2023, dengan pertumbuhan penduduk yang banyak didorong oleh migrasi pasca bencana serta aktivitas

<sup>52</sup> Tri Mustika Sarjani, dkk., "Identifikasi Morfologi dan Anatomi Tipe Stomata Famili *Piperaceae* di Kota Langsa", *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA (JIPI)*, Vol.1, No.2, (2017), h.184

<sup>53</sup> Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. *Kewilayahan Provinsi Aceh*. BPS Aceh. (2020).

ekonomi seperti perdagangan dan pendidikan, dengan kepadatan penduduk tertinggi berada di kawasan pusat kota.<sup>54</sup> Kondisi demografis ini mendorong penanaman tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus*) sebagai vegetasi pelindung di jalur hijau perkotaan. Keberadaan angkana di kawasan kota ini sekaligus berpotensi menjadi indikator respons fisiologis tumbuhan terhadap kondisi lingkungan setempat.

Dari segi iklim, Banda Aceh termasuk dalam zona tropis basah dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun, rata-rata mencapai 2.000-3.000 mm per tahun, dan suhu udara berkisar antara 25-32°C. Kondisi ini mendukung pertumbuhan flora tropis yang subur, termasuk spesies seperti angkana (*Pterocarpus indicus*) yang sering ditemukan di taman kota dan area hijau.<sup>55</sup>

#### **G. Referensi Mata Kuliah**

Referensi adalah acuan, rujukan, serta petunjuk dalam memperoleh informasi pada matakuliah anatomi tumbuhan. Mata kuliah fisiologi tumbuhan adalah mata kuliah wajib yang dijadwalkan pada mahasiswa semester V dengan total 4 sks, meliputi 3 sks mata kuliah teori dan 1 sks praktikum. Referensi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam proses pembelajaran tentang materi jam biologi dan respon tumbuhan terhadap lingkungan pada mata kuliah fisiologi tumbuhan berupa bahan ajar.

Bahan ajar adalah bagian penting dalam menentukan kualitas suatu pembelajaran. Menurut Ina Magdalena, bahan ajar dapat didefinisikan sebagai bahan yang memuat materi atau isi pembelajaran yang disusun secara lengkap dan sistematis berdasarkan prinsip-prinsip pembelajaran yang digunakan oleh guru dan siswa dalam proses pembelajaran.<sup>56</sup> Berdasarkan rumusan tersebut bahan ajar berfungsi untuk memudahkan pemahaman materi dan mencapai tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Bahan ajar yang digunakan sebagai output dalam penelitian ini adalah dalam bentuk buku ajar dan ppt.

---

<sup>54</sup> Kementerian Dalam Negeri RI. *Data kependudukan Banda Aceh*. (2023).

<sup>55</sup> Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. *Data iklim Banda Aceh*. (2022).

<sup>56</sup> Izzah, Hani Atus S, dan Ansori, *Penulisan Bahan Ajar: Teori & Implementasi*, (Palembang: Bening Media Publishing, 2024), h. 2-3

Buku ajar adalah naskah yang ditulis oleh seseorang dalam rangka menunjang materi pokok mata kuliah yang diajarkan. Hal ini dapat dilihat dari cara menyusun, penggunaannya dalam pembelajaran dan teknik penyebarannya. Buku ajar disusun dengan alur dan logika sesuai dengan rencana pembelajaran. Buku ajar disusun sesuai kebutuhan belajar mahasiswa. Buku ajar disusun untuk mencapai tujuan pembelajaran atau kompetensi tertentu.

a. Format buku ajar

Buku ajar memiliki format sebagaimana karya tulis atau karya ilmiah lainnya, buku ajar yang baik biasanya ditulis dengan format sebagai berikut:

1. Bagian awal, Pada bagian awal buku ajar terdiri atas:
  - a. Halaman judul luar atau cover
  - b. Halaman judul dalam
  - c. Kata pengantar
  - d. Daftar isi
2. Substansi secara umum substansi buku ajar terbagi menjadi 3 bagian yakni pendahuluan penyajian dan penutup
  - a. Pendahuluan
    1. Sasaran pembelajaran
    2. Kemampuan mahasiswa yang menjadi prasyarat
    3. Keterkaitan bahan pembelajaran dengan pokok bahasan lainnya
    4. Manfaat atau pentingnya bahan pembelajaran ini
    5. Petunjuk belajar mahasiswa penjelasan tentang hal-hal yang perlu dilakukan mahasiswa dalam mempelajari materi ini
  - b. penyajian

Satu judul bab sub bab uraian dan penjelasan yang diikuti contoh-contoh kasus ilustrasi grafik gambar konsep teori dan bahan lain yang perlu disampaikan kepada mahasiswa yang relevan dengan pokok bahasan. Isi pada bagian ini dapat berisi beberapa sebab sesuai dengan pokok bahasan dan luasnya cakupan bahan pembelajaran. Gaya bahasa dalam uraian penjelasan contoh dan interpretasi hendaknya dengan bahasa yang komunikatif dan mudah dicerna. Dalam hal ini

sebaiknya banyak ilustrasi pengertian dan definisi agar mahasiswa sebagai calon ilmuwan mudah memahami bahan pembelajaran. Rangkuman berisi intisari bahan pembelajaran dalam bab-bab sebelumnya.

c. Penutup

Penutup dalam buku ajar yang baik terdiri atas:

1. Soal latihan atau kasus dalam bagian ini diberikan soal-soal atau kasus-kasus yang perlu diselesaikan mahasiswa secara mandiri agar pemahaman bahan pembelajaran lebih terinternalisasi
2. Umpan balik dan tindak lanjut jelaskan di sini masalah umpan balik atau tindak lanjut hal ini pada prinsipnya merupakan petunjuk bagi mahasiswa untuk mengukur capaian pembelajarannya setelah membaca bahan pada bab ini dan petunjuk tentang tindakan selanjutnya yang perlu dilakukan mahasiswa untuk lebih mengembangkan kapasitas belajarnya.
3. Bagian akhir  
Pada bagian akhir buku ajar terdiri atas beberapa komponen-komponen diantaranya:
  - a. Daftar pustaka ditulis secara keseluruhan
  - b. Indeks berisi kata-kata penting atau yang bermakna khusus disertai dengan nomor halaman tempat kata itu ditemukan
  - c. Lampiran lampiran pada buku ajar biasanya memuat:
    1. Profil lulusan program studi
    2. Kompetensi atau CPN pembelajaran lulusan prodi
    3. Analisis kebutuhan pembelajaran
    4. Garis besar rancangan pembelajaran gbrp atau rancangan pembelajaran semester

## 5. Kontrak perkuliahan.<sup>57</sup>

Kelebihan buku ajar adalah pelaksanaan lebih mudah bagi pengajar karena adanya silabus dan metode yang direkomendasikan, pembelajaran menjadi terstandar. Sedangkan kekurangannya adalah dari segi bahasa yang sedikit sulit dipahami oleh mahasiswa.

PPT merupakan suatu software yang membantu dalam pembelajaran berupa slide yang terdiri dari teks, grafik, objek gambar, dan lainnya yang digunakan untuk memudahkan dalam melakukan pembelajaran. Kelebihan media ppt adalah mudah digunakan dalam pembelajaran, karena hanya berisi poin-poin sehingga mahasiswa lebih mudah memahami, sedangkan kekurangannya adalah memerlukan perangkat keras untuk memproyeksikan pesan tersebut dan memerlukan persiapan yang baik, bila menggunakan teknik-teknik penyajian (animasi) yang kompleks.<sup>58</sup>

### **H. Pemanfaatan Hasil Penelitian Sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan**

Referensi merupakan rujukan atau sumber informasi yang berfungsi sebagai pedoman untuk mendukung proses pembelajaran. Secara umum, keberhasilan pembelajaran ditentukan oleh tiga hal yaitu pendidik, peserta didik dan materi ajar yang bersumber dari referensi yang valid. Referensi yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah bahan ajar yaitu buku ajar dan ppt tentang Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana pada Perbedaan Lingkungan yang akan digunakan dosen dan mahasiswa sebagai referensi tambahan materi respon tumbuhan terhadap lingkungan dalam mata kuliah Fisiologi Tumbuhan. Penggunaan referensi pendukung ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam menjalankan proses pembelajaran.

### **I. Uji Kelayakan Output yang dihasilkan**

Tahap uji kelayakan merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai kualitas media pembelajaran yang

---

<sup>57</sup> Cakti Indra Gunawan, *Pedoman dan Strategi Menulis Buku Ajar dan Referensi bagi Dosen*, (Banyumas: penerbit Internasional Research and Development for Human, 2024), h.14

<sup>58</sup> Bulkia Rahim, *Media Pendidikan*, (Depok: PT. Raja Grafindo Persada, 2020) H.131

dikembangkan. Informasi yang diperoleh berasal dari hasil percobaan, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan terhadap media. Selanjutnya dilakukan proses penyempurnaan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas media dalam berbagai aspek. Proses penyempurnaan ini didasarkan pada saran dan masukan dari dosen ahli sebagai validator, yaitu dua orang dosen yang berkompeten di bidang media dan dua orang dosen yang ahli di bidang materi, sehingga media tersebut dapat direkomendasikan sebagai bahan ajar yang layak. Uji kelayakan dalam penyusunan buku ini mencakup aspek media yang mencakup evaluasi terhadap format sampul (*cover*), tampilan visual secara umum, isi buku, serta komponen penyajian materi. Secara spesifik, aspek materi yang diuji meliputi tingkat kelayakan isi, kelayakan penyajian, kualitas kegrafikan, dan potensi pengembangan materi agar sesuai dengan kebutuhan belajar mahasiswa.

a. Aspek Kelayakan Isi

Aspek ini dinilai dari kesesuaian dengan RPS Fisiologi Tumbuhan mengenai materi Respon Tumbuhan Terhadap Lingkungan, kesesuaian materi terhadap kebutuhan bahan ajar, kebenaran isi atau substansi materi, kegunaannya dalam memperluas wawasan, serta keselarasan dengan nilai-nilai moral maupun sosial.

b. Aspek Kelayakan Bahasa جامعة الزاوية

Aspek ini meliputi tingkat keterbacaan teks, kejelasan penyampaian informasi serta kesesuaian penulisan dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar. Selain itu aspek ini juga menilai kemampuan pemakaian bahasa secara efektif dan efisien yaitu penyajian materi yang dikemas secara jelas dan ringkas.

c. Aspek Kelayakan Penyajian

Aspek ini mencakup kejelasan indikator yang dicapai, urutan sajian, interaksi (pemberi stimulus dan respon) serta kelengkapan informasi

d. Aspek Kelayakan Kegrafikan

Aspek ini mencakup penggunaan font (jenis ukuran), tata letak, ilustrasi, gambar, foto serta desain tampilan.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Rancangan Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode jelajah (Survei Eksploratif). Metode Survei Eksploratif yaitu metode yang dilakukan dengan cara menjelajah tumbuhan angkana yang terdapat di ketiga stasiun penelitian di kota Banda Aceh. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* pada tumbuhan angkana yang dibatasi dengan 3 lokasi yang ada di kawasan penelitian yaitu lokasi 1 jalanan Lambaro, lokasi 2 fakultas Tarbiyah UIN Ar-Raniry, dan lokasi 3 Taman Hutan Kota BNI Tibang.

#### **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 5 Januari sampai 14 Januari 2026 di kota Banda Aceh. Penelitian ini dilakukan melalui 2 tahap, yaitu tahap pengambilan sampel daun angkana di kota Banda Aceh tepatnya di tiga lokasi penelitian yang sudah ditetapkan dan tahap selanjutnya identifikasi karakteristik stomata di Laboratorium Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, Darussalam, Banda Aceh.

#### **C. Populasi dan Sampel**

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh daun dari semua individu pohon Angkana (*Pterocarpus indicus*) yang tumbuh di wilayah Kota Banda Aceh. Sampel dalam penelitian ini adalah daun pohon angkana yang ditemukan pada stasiun penelitian.

#### **D. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan digunakan pada Penelitian

| No | Nama Alat           | Fungsi                                     |
|----|---------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Alat Tulis          | Mencatat semua informasi di lapangan       |
| 2  | Kamera              | Untuk dokumentasi hasil penelitian         |
| 3  | GPS                 | Untuk mengetahui titik koordinat di lokasi |
| 4  | Mikroskop Binokuler | Untuk mengamati stomata                    |
| 5  | Hygrometer          | Untuk mengukur kelembaban dan suhu udara   |
| 6  | Lux meter           | Untuk mengukur intensitas cahaya           |
| 7  | Kantong Plastik     | Untuk meletakkan preparat                  |
| 8  | Kertas label        | Untuk menandakan sampel                    |

| No | Bahan            | Fungsi                                  |
|----|------------------|-----------------------------------------|
| 1  | Daun Angsana     | Sebagai sampel yang diamati             |
| 2  | Lembar observasi | Mencatat data yang ditemukan dilapangan |
| 3  | Tisu             | Untuk membersihkan daun                 |

Alat dan bahan yang dicantumkan diatas merupakan instrumen penting yang akan digunakan dalam penelitian. Alat dan bahan tersebut berfungsi untuk memproses, memperoleh serta mengumpulkan data yang diperlukan untuk menjawab tujuan penelitian.

#### E. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah sampel daun angšana (*Pterocarpus indicus*) yang diambil dari beberapa titik lokasi di kota Banda Aceh. Parameter yang diukur dan dianalisis meliputi:

1. Tipe stomata, mengidentifikasi bentuk susunan sel tetangga untuk menentukan apakah stomata daun angšana termasuk tipe Parastomatik, diasitik, anomositik, anisositik, aktinositik, dan siklositik.
2. Distribusi stomata, mengamati penyebaran atau tata letak stomata pada permukaan daun baik dari sisi atas (adaksial) maupun sisi bawah (abaksial) epidermis daun.
3. Kerapatan stomata, menghitung jumlah rata-rata stomata per satuan luas bidang pandang dan kemudian dikonversi ke dalam satuan milimeter persegi ( $\text{per mm}^2$ ) untuk menentukan kerapatan stomata.
4. Kerusakan stomata. Menganalisis kondisi fisik stomata untuk mengidentifikasi adanya struktur yang rusak.

5. Parameter Data lingkungan di lokasi penelitian tempat ditemukannya sampel spesies angkana juga diukur yaitu mencakup intensitas cahaya, suhu dan kelembapan udara.

## **E. Prosedur Penelitian**

### **a. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel**

Penentuan pengambilan sampel tumbuhan, terlebih dahulu dilakukan observasi untuk menentukan tempat yang akan dijadikan lokasi pengambilan sampel. Sehingga sampel yang diambil terdapat perbedaan yang signifikan. Sampel diambil pada 3 lokasi yang berbeda dari segi kerapatan vegetasi, kepadatan lalu lintas serta potensi tingkat paparan polusi udara. Setiap lokasi diambil 3 sampel dari tumbuhan angkana yaitu bagian daun yang mencakup daun normal, daun sedikit rusak dan daun rusak berat.

### **b. Penentuan Jenis Pohon**

Pohon angkana yang berada di dekat jalanan yang ada di 3 lokasi penelitian. Kemudian diambil sampel masing-masing daun angkana pada lokasi yang sudah ditentukan. Sebelum melakukan pengambilan sampel, dilakukan pengukuran faktor fisik yang meliputi suhu dan kelembapan udara serta intensitas cahaya. Jika ditemukan sampel ditandai pada titik koordinat dengan menggunakan GPS.

### **c. Pengambilan Sampel Daun**

Pengambilan sampel dilakukan pada daun angkana yang berada di lokasi penelitian yang ditentukan. Supaya sampel daun representatif, setiap pohon diambil sampel daun dewasa atau daun yang sudah berkembang sempurna. Sampel daun diambil dengan jumlah daun 3-9 lembar pada ketinggian 1 hingga 2 meter dari permukaan tanah dan dilakukan 3 kali pengulangan.<sup>59</sup> Pengambilan sampel terdiri dari tiga jenis daun, yaitu daun normal, daun sedikit rusak, dan daun rusak berat,

---

<sup>59</sup> S.Roifatul Hidayati, “Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat pada daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo” Skripsi, (Malang: UIN Malang, 2009), hal. 34

dengan tujuan untuk membandingkan karakteristik stomata pada ketiga sampel daun tersebut. Berikut adalah kriteria pemilihan ketiga jenis sampel:

Tabel 3.2 Kriteria pemilihan daun

| Kategori sampel daun | Kriteria                                                                                                                |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Daun normal          | Helaian daun utuh, warna hijau normal, tidak adanya bercak, lubang maupun kerusakan jaringan. <sup>60</sup>             |
| Daun sedikit rusak   | Terdapat kerusakan ringan seperti bercak kecil, sedikit lubang atau perubahan warna pada sebagian kecil permukaan daun. |
| Daun rusak berat     | Kerusakan daun seperti lubang, nekrosis, daun mengering atau sebagian permukaan daun rusak. <sup>61</sup>               |

#### d. Identifikasi

Karakteristik stomata yang diamati adalah distribusi dan jumlah stomata, tipe stomata serta stomata abnormal. Metode yang digunakan adalah metode sayatan manual dengan menggunakan silet yang mampu menghasilkan preparat berupa fragmen atau jaringan yang robek dan berukuran kecil. Metode ini banyak digunakan dalam pengamatan stomata pada tumbuhan, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1 Permukaan atas dan bawah daun yang telah diambil dibersihkan dari debu atau kotoran dengan cara meniupnya atau menggunakan tisu.
- 2 Dibuatlah sayatan paradermal pada permukaan bawah daun angkana.
- 3 Ditempelkan pada kaca objek yang telah diberi setetes air, lalu tutup dengan kaca penutup.

<sup>60</sup> Hadyani Millati Hanifa dan Sri Haryanti, "Morfoanatomi Daun Jambu Air (*Syzygium samarangense*) var. Demak Normal dan Terserang Hama ulat", *Jurnal Bulletin Anatomi dan Fisiologi*, Vol.1, No.1(2016), h.24-29

<sup>61</sup> Annisa Falaq Q, dkk, "Severity Analysis of Fruit Plant diseases Based on Leaf Symptoms Using ImageJ Software, *Jurnal Ilmiah biology*, Vol.11, No.2 (2022), h.215-223

- 4 Preparat diamati menggunakan mikroskop binokuler. Gambar stomata yang telah diamati diambil dengan kamera, kemudian karakteristik stomata diidentifikasi.

## **F. Teknik Pengumpulan Data**

### **1. Teknik Observasi**

Teknik observasi adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengamati suatu objek penelitian secara langsung. Dalam penelitian ini dilakukan observasi lapangan untuk mengamati karakteristik morfologi sampel daun angkana, pengambilan sampel serta pengukuran parameter fisik lingkungan yang meliputi suhu, kelembapan dan intensitas cahaya. Selanjutnya observasi di laboratorium untuk mengamati karakteristik stomata seperti kerapatan stomata, kerusakan stomata, tipe dan distribusi stomata.

### **2. Uji Kelayakan**

Uji kelayakan terhadap buku ajar dilakukan melalui dua tahap validasi yaitu oleh dosen ahli materi dan dosen ahli media. Ahli materi menguji ketepatan informasi, kesesuaian format, serta penyajian tulisan dan gambar dalam buku. Ahli media mengujikelayakan buku ajar dengan berfokus pada estetika dan desain, dengan menilai aspek kesederhanaan, keterpaduan, penekanan visual, keseimbangan serta komposisi bentuk dan warna yang digunakan.

## **G. Instrumen Pengumpulan Data**

### **1. Lembar Observasi**

Lembar observasi Karakteristik stomata Tumbuhan Angkana dibuat untuk setiap parameter yang diamati. Instrumen ini memuat tabel data untuk mencatat hasil pengukuran kuantitatif maupun deskripsi kualitatif stomata, seperti jumlah kerapatan, kerusakan stomata, hingga jumlah stomata yang rusak pada setiap sampel daun.

## 2. Lembar Uji kelayakan

Lembar uji kelayakan merupakan instrumen yang berfungsi untuk mengukur tingkat ketepatan dan validitas suatu alat ukur dalam penelitian. Instrumen ini disusun dalam bentuk skala penilaian bertingkat (skala likert) untuk mengkategorikan kualitas objek yang diuji yang meliputi: sangat layak, layak, cukup layak, tidak layak hingga sangat tidak layak.

## H. Teknik Analisis Data

1. Analisis data dilakukan dalam bentuk analisis deskriptif untuk menggambarkan dan menginterpretasi karakteristik stomata yaitu:

- Tipe stomata (Parasitik, diasitik, anomositik, anisositik, aktinositik, dan siklositik).
- Analisis distribusi stomata dilihat dari pola distribusi yaitu hipostomatik, epistomatik dan amfistomatik.
- Kerapatan stomata diukur dengan menentukan terlebih dahulu luas bidang pandang mikroskop yang digunakan. Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan menggunakan perbesaran objektif 40x 10 yang memiliki luas bidang pandang sebesar 0,019625 mm<sup>2</sup>. Nilai kerapatan stomata diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}}$$

Dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 3.3 Klasifikasi Kerapatan Stomata<sup>62</sup>

| Kisaran Jumlah Stomata<br>(per mm <sup>2</sup> ) | Tingkat kerapatan |
|--------------------------------------------------|-------------------|
| <200                                             | Kerapatan rendah  |
| 300-500                                          | Kerapatan sedang  |
| >500                                             | Kerapatan tinggi  |

<sup>62</sup> S. Roifatul Hidayati, “Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat pada daun Pohom Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo” Skripsi, (Malang: UIN Malang, 2009), hal.40

- d. Analisis kerusakan stomata dengan melihat berapa jumlah stomata yang rusak dalam suatu bidang pandang menggunakan rumus:

$$\text{Kerusakan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata rusak}}{\text{Jumlah stomata yang diamati}} \times 100\%$$

2. Analisis data untuk kelayakan output yaitu:

- a. Kelayakan buku bahan ajar dinilai berdasarkan aspek formal, kesesuaian, dan bahasa. Dalam penelitian ini, setiap indikator dinilai dengan skala 1 hingga 5 untuk setiap butir jawaban pada instrumen.

Tabel 3.4 Skor Penilaian Indikator<sup>63</sup>

| Skor penilaian | Kategori kelayakan |
|----------------|--------------------|
| 5              | Sangat layak       |
| 4              | Layak              |
| 3              | Cukup layak        |
| 2              | Tidak layak        |
| 1              | Sangat Tidak layak |

Data yang telah diperoleh kemudian diolah untuk mengetahui nilai pada masing-masing indikator. Proses ini dilakukan dengan menghitung rata-rata nilai perolehan melalui rumus:

$$X = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

X: Skor rata-rata

$\sum x$ : Jumlah skor yang diperoleh

n: Jumlah keseluruhan butir

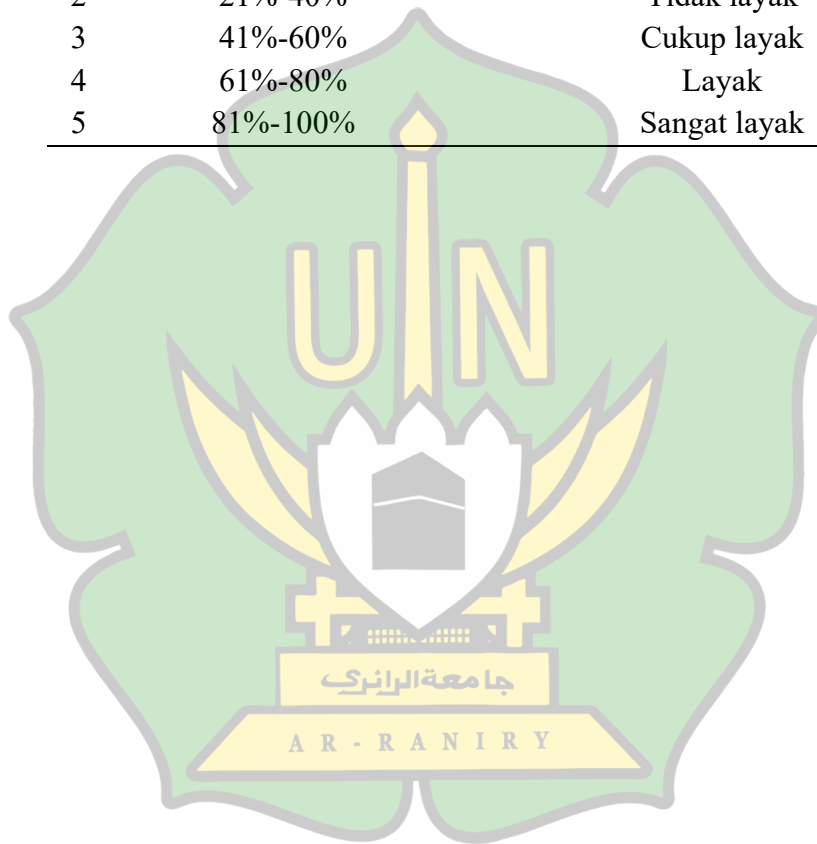
<sup>63</sup> Dwi Aprilia Astupura dan Hadma Yuliani, "Penerapan Model Pembelajaran Leraning Cycle Terhadap Motivasi dan Keterampilan Proses Sains Pada Materi Pokok Cahaya", *Jurnal EduSains*, Vol. 4, No. 1, 2016, h. 20.

Selanjutnya, menghitung persentase dari nilai total yang diperoleh. Untuk mengetahui nilai persentase akhir maka akan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Hasil} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Tabel 3.5 Kategori Kelayakan Berdasarkan Kriteria

| No | Skor dalam persen (%) | Kategori kelayakan |
|----|-----------------------|--------------------|
| 1  | < 21%                 | Sangat tidak layak |
| 2  | 21%-40%               | Tidak layak        |
| 3  | 41%-60%               | Cukup layak        |
| 4  | 61%-80%               | Layak              |
| 5  | 81%-100%              | Sangat layak       |



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Uji Kelayakan Buku Ajar pada Materi Karakteristik Stomata

Pemanfaatan hasil penelitian karakteristik stomata tumbuhan angšana berdasarkan perbedaan lingkungan di sekitar Banda Aceh dijadikan sebagai referensi mata kuliah fisiologi tumbuhan yang disajikan dalam bentuk buku ajar yang dapat digunakan sebagai pendukung tambahan dalam proses pembelajaran. Buku ajar pada materi respon tumbuhan terhadap lingkungan divalidasi oleh dosen ahli materi dan ahli media. Indikator uji kelayakan materi dilihat dari segi kelayakan penyajian, kelayakan isi, kelayakan kegrafikan dan pengembangan. Selanjutnya indikator kelayakan media terdiri dari format cover, tampilan umum, isi buku, dan komponen penyajian. Berikut merupakan cover buku ajar dapat dilihat pada gambar di bawah.



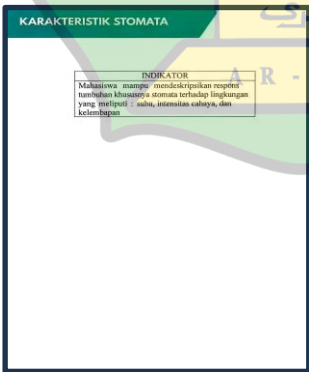
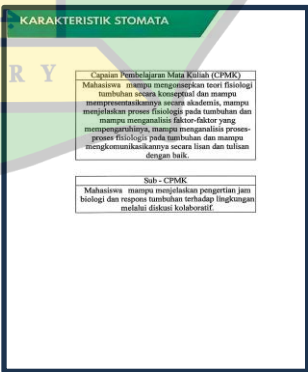
Gambar 4.3 Cover Buku Ajar Fisiologi Tumbuhan

Buku ajar ini disusun mencakup beberapa bagian, yaitu 1). Sampul depan (cover), 2). Kata pengantar, 3). Daftar isi, 4). Peta konsep, 5). Indikator pembelajaran, 6). Pendahuluan, 7). Materi pembahasan yang dilengkapi dengan gambar pendukung, 8). Kesimpulan, 9). Latihan soal, 10). Glosarium, 11). Daftar pustaka, dan 12). Biografi penulis.

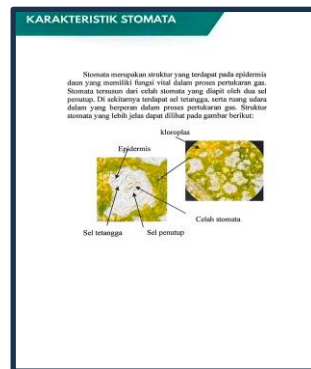
Bagian sampul dicantumkan judul buku **Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh**, nama penulis yaitu Siska dan Lina Rahmawati, S.Si.M.Si., serta nama editor yaitu Cut Ratna Dewi, S.Pd.I., M.Pd., Mulyadi, S.Pd.I., M.Pd., dan Nurdin Amin, S.Pd.I., M.Pd.

Kelayakan buku ajar akan diuji dan memperoleh skor dengan nilai terendah yaitu 1 sampai dengan nilai tertinggi yaitu 5. Keseluruhan nilai akan dijumlahkan dan memperoleh hasil akhir. Setelah melalui proses validasi oleh tim validator, buku ajar di revisi berdasarkan saran dan masukan yang diberikan. Proses revisi bertujuan untuk memperbaiki dan menyempurnakan isi, tampilan, serta penyajian materi berdasarkan masukan dari validator. Perbaikan ini bertujuan untuk menciptakan media pembelajaran yang dikembangkan lebih baik dan sesuai dengan kriteria buku ajar. Setelah dilakukan perbaikan, buku ajar diharapkan dapat memenuhi kriteria kelayakan sehingga layak digunakan sebagai salah satu media pembelajaran. Saran dan perbaikan buku ajar dari tim validator akan dicantumkan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.1 Catatan Perbaikan Buku Ajar dari Tim Validator

| No | Sebelum Revisi                                                                                                                                             | Setelah Revisi                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |  <p>Lengkapi CPMK dan sub-CPMK sesuai dengan RPS Fisiologi Tumbuhan</p> |  <p>CPMK dan sub-CPMK sudah ditambahkan sesuai dengan RPS Fisiologi Tumbuhan</p> |

2



Gambar dirapikan dan dibuat dalam bentuk tabel



Gambar sudah dirapikan dan dibuat dalam tabel

3



Tambahkan gambar keseluruhan pohon Angsana (*Pterocarpus indicus*)



Gambar keseluruhan pohon Angsana sudah ditambahkan

Berdasarkan hasil revisi yang terdapat pada tabel diatas dapat diketahui bahwa revisi yang pertama yaitu melengkapi buku ajar dengan CPMK dan Sub-CPMK yang disesuaikan dengan RPS Fisiologi Tumbuhan. Hal ini bertujuan agar capaian pembelajaran menjadi lebih jelas, spesifik dan berorientasi pada hasil yang harus dicapai mahasiswa. Hasil revisi kedua oleh validator ahli media memberikan saran untuk merapikan penyajian gambar dengan cara menempatkannya dalam bentuk tabel, sehingga tampilan menjadi lebih rapi dan terstruktur. Revisi ketiga oleh validator ahli materi memberikan masukan untuk menambahkan gambar keseluruhan pohon Angsana tidak hanya menampilkan bagian daunnya saja. Masukan ini bertujuan agar menyajikan gambaran utuh mengenai bentuk pohon angsana secara keseluruhan, sehingga peserta didik dapat memahami karakteristiknya dengan jelas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Eben H.T (2022) yang

menjelaskan bahwa produk hasil pengembangan yang telah melalui proses revisi berdasarkan validasi ahli cenderung memiliki tingkat validitas, praktis dan efektif yang lebih baik dibandingkan dengan versi awalnya.<sup>64</sup>

Selain itu juga dilakukan uji kelayakan terhadap buku ajar yang bertujuan untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan sesuai dan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran pada materi respon tumbuhan terhadap lingkungan baik secara materi maupun media. Hasil uji kelayakan dosen ahli materi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Uji Kelayakan Materi

| No               | Indikator            | Nilai      | Kategori            |
|------------------|----------------------|------------|---------------------|
| 1                | Kelayakan isi        | 84%        | Sangat layak        |
| 2                | Kelayakan penyajian  | 80%        | Layak               |
| 3                | Kelayakan kegrafikan | 93%        | Sangat layak        |
| 4                | Pengembangan         | 83,5%      | Sangat layak        |
| <b>Rata-rata</b> |                      | <b>85%</b> | <b>Sangat layak</b> |

Berdasarkan Tabel 4.4 memperoleh persentase yang bervariasi. Persentase pada kelayakan isi memperoleh nilai 84% termasuk dalam kategori sangat layak dan pada kelayakan penyajian memperoleh nilai 80% dengan kategori layak. Sedangkan pada indikator kelayakan kegrafikan dan pengembangan memperoleh nilai 93% dan 83,5% termasuk dalam kategori sangat layak.

Tabel 4.3 Uji Kelayakan Media N I R Y

| No               | Indikator     | Nilai      | Kategori            |
|------------------|---------------|------------|---------------------|
| 1                | Format Cover  | 96%        | Sangat layak        |
| 2                | Tampilan umum | 90%        | Sangat layak        |
| 3                | Isi buku      | 76%        | Layak               |
| 4                | Penyajian     | 90%        | Sangat layak        |
| <b>Rata-rata</b> |               | <b>88%</b> | <b>Sangat layak</b> |

Berdasarkan Tabel 4.5 memperoleh jumlah persentase yang berbeda. Persentase pada indikator format cover dan tampilan umum masing-masing

<sup>64</sup> Eben H. T., *Pengembangan Model WICDIE dalam Pembelajaran Paduan Suara*. (DKI Jakarta: Publica Indonesia Utama, 2022) H. 121

indikator mencapai 96% dan 90% termasuk dalam kategori sangat layak. Pada indikator isi buku memperoleh nilai 76% dengan kategori layak sedangkan penyajian memperoleh nilai 90% dengan kategori sangat layak.

Tabel 4.4 Rata-Rata Uji Kelayakan

| Uji kelayakan materi | Uji kelayakan Media | Uji kelayakan Buku ajar | Kategori     |
|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| 85%                  | 88%                 | 86,5%                   | Sangat layak |

Sumber: Data Penelitian 2026

Berdasarkan data pada tabel, tingkat kelayakan materi dalam buku ajar memperoleh nilai 85% dengan kategori sangat layak. Sementara itu, hasil uji kelayakan media mencapai 88% yang juga termasuk dalam kategori sangat layak. Secara keseluruhan, rata-rata nilai kelayakan mencapai 86,5% dengan kategori sangat layak. Dengan demikian, buku ajar tersebut dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran dan dapat dijadikan acuan dalam mata kuliah Fisiologi Tumbuhan.

## B. Pembahasan

### 1. Uji Kelayakan Buku Ajar pada Materi Karakteristik Stomata

Pengujian terhadap tingkat kelayakan suatu output yang berfungsi sebagai media pendukung pembelajaran yang bertujuan agar media yang dikembangkan dapat bermanfaat secara optimal sesuai kebutuhan dan standar yang berlaku. Penilaian yang diberikan oleh validator akan menjadi dasar dalam menentukan seberapa layak media tersebut untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Kelayakan adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan apakah suatu produk layak untuk dikembangkan dan diimplementasikan. Produk yang dihasilkan diuji melalui dua fase yaitu uji kelayakan materi dan uji kelayakan media. Kelayakan materi diuji berdasarkan aspek pembelajaran dari bahan ajar yang dikembangkan sedangkan uji kelayakan media, dilakukan oleh dosen ahli media untuk

mengevaluasi media pembelajaran yang dikembangkan dan menentukan kesesuaiannya untuk digunakan dalam pembelajaran.<sup>65</sup>

Hasil uji kelayakan buku ajar menunjukkan adanya variasi persentase di setiap komponen. Terdapat dua komponen yang menjadi penilaian untuk memperoleh uji kelayakan buku ajar yang efektif yaitu komponen kelayakan materi dan kelayakan media. Setiap komponen memiliki empat indikator. Indikator kelayakan materi terdiri dari kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikan dan pengembangan yang memiliki persentase yang bervariasi. Pada indikator kelayakan isi, materi yang disajikan berhasil memperoleh skor 84% yang masuk dalam kategori sangat layak. Begitu juga dengan kelayakan penyajian memperoleh skor 80% dengan kategori layak. Sementara itu, kelayakan kegrafikan memperoleh skor 93% dengan kategori sangat layak dan indikator pengembangan memperoleh skor 83,5% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Dengan begitu, total kelayakan materi memperoleh skor 85% dengan kategori sangat layak.

Hal ini sejalan dengan penelitian Diana et al (2024) yang menyatakan bahwa validasi materi yang dilakukan oleh dua dosen ahli materi dan menilai empat aspek yaitu kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikan dan kelayakan pengembangan memperoleh hasil rata-rata 81% dengan kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa materi telah sesuai dengan indikator pembelajaran dan layak digunakan sebagai bahan ajar.<sup>66</sup>

Indikator kelayakan media terdiri dari format cover yang memperoleh skor 96% dengan kategori sangat layak. Bagian indikator tampilan umum memperoleh skor 90% termasuk dalam kategori sangat layak. Sedangkan pada indikator isi buku, persentase yang didapatkan adalah 76% dengan kategori layak, namun pada indikator penyajian memperoleh skor 90% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Total kelayakan media memperoleh nilai 88% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil ini sejalan dengan

---

<sup>65</sup> Eben Haezarni Telaumbanua, *Pengembangan Model WICDIE dalam Pembelajaran Paduan Suara*, (Jakarta: Publica Indonesia Utama, 2022)

<sup>66</sup> Erna Diana dan Mulyadi, "Feasibility Analysis of Illustrated Concept Map-Based Handouts on Plant and Animal Organ System Material", *Jurnal Florea*, Vol.11, No.2, (2024), H.1-7

penelitian yang dilakukan oleh Syafira Aulia et al (2022) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran yang sudah divalidasi oleh ahli materi, ahli media dan guru memperoleh persentase kelayakan media sebesar 81,94% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa media yang sudah melalui proses validasi oleh para ahli memenuhi kriteria kelayakan yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran.<sup>67</sup>

Secara keseluruhan, rata-rata nilai kelayakan dari seluruh aspek mencapai 86,5% dari skor maksimal 100%, yang dikategorikan sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa buku ajar yang membahas karakteristik stomata tanaman *Angsana* berdasarkan perbedaan lingkungan di sekitar Banda Aceh, dapat digunakan sebagai referensi dalam proses pengajaran dan pembelajaran mata kuliah fisiologi tumbuhan. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Dita Widyanti Safitri, dkk. (2014) bahwa perolehan hasil validasi yang tinggi menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memiliki kualitas yang baik, sehingga layak diterapkan dalam pembelajaran.<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Syifa Aulia dkk, "Uji Kelayakan Pembelajaran Interaktif Berbasis *Android* Menggunakan *Articulate Storyline 3*", *Jurnal Natural Science Educational Research*, Vol.5, No.2 (2022), H. 50-59

<sup>68</sup> Dita W.S., Wisanti, Reni A., "Pengembangan Modul Keanekaragaman Hayati Berbasis Pendekatan Saintifik Untuk Siswa Kelas X SMA. *Jurnal Bioedu*, Vol.3, No.3 H.410-415

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus Indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan memberikan kesimpulan bahwa buku ajar karakteristik stomata tumbuhan angsana pada materi respons tumbuhan terhadap lingkungan memperoleh hasil pengujian dengan hasil 86,5% dan dikategorikan sebagai sangat layak, sehingga efektif untuk digunakan sebagai referensi pendukung dalam proses pembelajaran mata kuliah fisiologi tumbuhan.

#### B. Saran

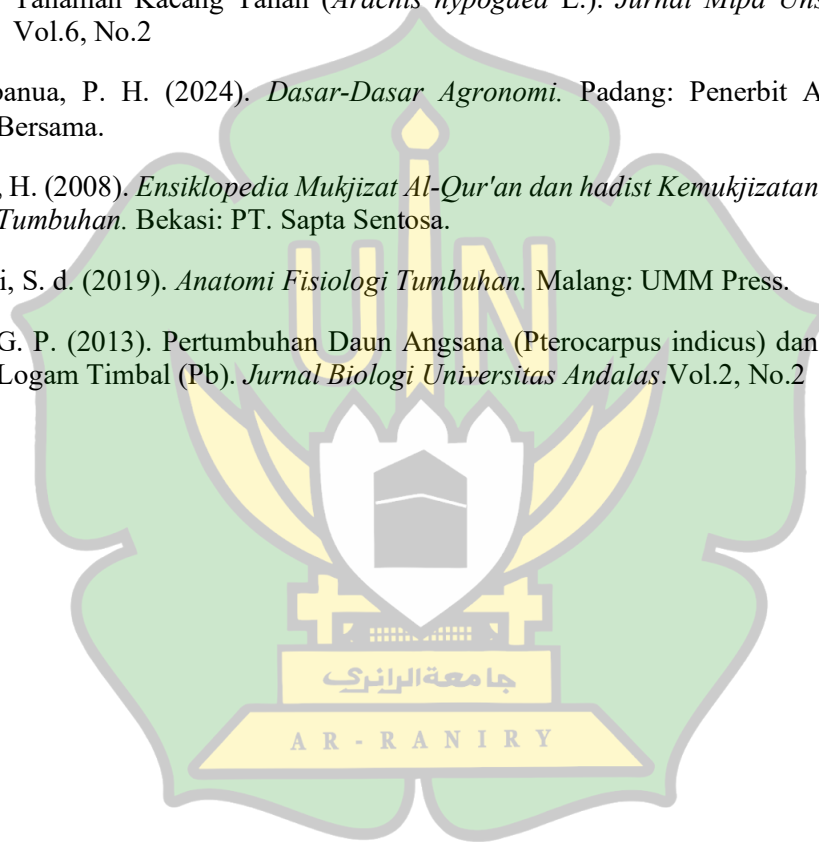
Berdasarkan hasil penelitian tentang Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus Indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan peneliti memberikan saran bahwa hasil penelitian ini akan menghasilkan buku ajar yang diharapkan dapat digunakan oleh dosen serta mahasiswa biologi sebagai tambahan ilmu pengetahuan untuk mendukung proses belajar mengajar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Advinda, L. (2018). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Ainsworth, E. A. (2007). "The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising (CO<sub>2</sub>): Mechanisms and environmental interactions". *Jurnal Plant, Cell & Environment*. Vol.30, No.3
- Aulia, S dkk, 2022 "Uji Kelayakan Pembelajaran Interaktif Berbasis *Android* Menggunakan *Articulate Storyline 3*", *Jurnal Natural Science Educational Research*, Vol.5, No.2, H. 50-59
- Bago, A. S., & F, d. Y. (2023). *Penuntun Praktikum Fisiologi Tumbuhan*. Sukabumi: Jejak Publisher.
- Buckley, T. N. (2005). "The control of stomata by water balance". *Jurnal New Phytologist*. Vol.168, No.2
- Campbell. (2003). *Biologi*. Jakarta: Penerbit Erlangga .
- Deswaty, F. (2007). *Seri Ipa Biologi 2*. Jakarta: Penerbit Yudhistira.
- Diana E, dan Mulyadi, 2024, "Feasibility Analysis of Illustrated Concept Map-Based Handouts on Plant and Animal Organ System Material", *Jurnal Florea*, Vol.11, No.2, H.1-7
- Ervaningsih, dkk, (2019). *Dasar Ilmu Farmasi*, Makassar : Penerbit Tohar Media,).
- Firmansyah, A., & dkk. (2021). *Tumbuhan Terancam Punah di Hutan Kota Ranggawulung Subang*. Bogor: Penerbit PT Dakara Consulting LCA Indonesia.
- Friska, M. d. (2025). *Fisiologi Tanaman*. Banjarnegara: Penerbit Qriset Indonesia.
- Gunawan, C.I. (2024). *Pedoman dan Strategi Menulis Buku Ajar dan Referensi Bagi Dosen*. Banyumas : Penerbit Internasional Research and Development for Human
- Haryati, S. (2009). "Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai (*Glycine max* (L) merril) pada Pagi Hari dan Sore". *Jurnal Bioma*. Vol.19, No.1
- Haezarni T.E, 2022. *Pengembangan Model WICDIE dalam Pembelajaran Paduan Suara*. DKI Jakarta: Publica Indonesia Utama, H. 121
- Hetherington, A., Woodward, F. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature* 424, 901–908 (2003)
- Humami, D. W. (2020). "Densitas dan Morfologi Stomata Daun *Pterocarpus indicus* di Jalan Arif Rahman Hakim dan Kampus ITS, Surabaya". *Jurnal Rekayasa*. Vol.13, No.3
- I Amri, R. R. (2023). "Population Distribution Analysis in Banda Aceh City for Tsunami Disaster Risk Reduction". *Jurnal IOP Publishing* . Vol.11, No.73

- Izzah, H. A. (2024). *Penulisan Bahan Ajar : Teori & Implementasi*. Palembang: Bening Media Publishing.
- Kamaluddin, G. A. (2020). "Karakteristik Stomata pada Berbagai Jenis Daun Pohon di Sekitar Kampus Universitas Timor". *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*. Vol.2, No.1
- Lakitan, B. (2013). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Rajawali Press.
- Lawson, T. d. (2014). "Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency". *Jurnal Plant Physiology*. Vol.164, No.4
- Mader, S. S. (2001). *Biology*. Amerika: Michael D. Lange.
- Mailidarni, N. d. (2025). *Fisiologi Tumbuhan Proses, Mekanisme dan Adaptasi*. Banda Aceh: Elfarazy Media Publishing.
- Muttaqin, A. Z., dkk (2016). "Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (*Mangifera indica*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan", *Jurnal Biodjati*, Vol.1, No.1
- Mutthi'ah, S. N. dan Qurrota A. (2022). "Identifikasi dan Karakterisasi Tipe Stomata pada *Hibiscus rosa sinensis*, *Tamarindus indica* dan *Mangifera indica* dengan Teknik Replika", *Jurnal Indigenous Biologi*, Vol.5, No.1
- Nasional, D. P. (2008). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Nau, G. W. (2024). *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung : Penerbit Widina media Utama.
- Nugroho, H., & dkk. (2012). *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*. Jakarta : Penerbit Penebar Swadaya.
- Purnobasuki, H. (2024). *Mengenal Sel dan Jaringan Tumbuhan Informasi Dasar Dalam Praktik Pengamatan Struktur Anatomi Tumbuhan*. Surabaya: Penerbit Airlangga University .
- Pourkhabbaz, A. R., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heyser, R., & Polle, A. (2010). "Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees". *Environmental Pollution*, Vol.158, No. 10.
- Rizkiaditama, D. E. (2017). "Analisis Kadar Klorofil pada Pohon Angsana (*Pterocarpus indicus* Wild.) di Kawasan Ngoro Industri Persada (NIP) Ngoro Mojokerto". *Prosiding Seminar Nasional III*. Malang: UMM Press.
- Salsabila, S. (2023). Respon Pertumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*) Terhadap Konsentrasi ZPT Growtone dan Variasi diameter Stek di Kebun Percobaan Universitas Hasanuddin . *Skripsi*.
- Sari, D. P., & Harlita, d. (2018). "Preparasi Hands Free Section dengan Teknik Replika untuk Identifikasi Stomata". *Proseeding Biology Education Conference*. Vol.15, No.1
- Sarjani, T. M. (2017). " Identifikasi Morfologi dan Anatomi Tipe Stomata Famili Piperaceae di Kota Langsa". *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA (JIPI)*. Vol.1, No.2

- Satar, S. (2024). *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jambi: P.T Sopenia Publishing Indonesia.
- Sepe, F.Y (2022). *Buku Ajar Biologi Dasar*. Yogyakarta : Zahir Publishing
- Setiadi B.D dan Reisky Megawati T, *Karakteristik potensi Genetik, dan Pemanfaatan Cabai Katokkon Asal Toraja, Indonesia*, (Yogyakarta: UGM Press), H. 53
- Sompotan,D.D dan Janes S. (2022). "Pencegahan Pencemaran Lingkungan". *Jurnal Saintekes*.Vol.1,No.1
- Taluta, H.E (2017). "Pengukuran Panjang Lebar Pori Stomata Daun Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Mipa Unsrat Online*, Vol.6, No.2
- Telaumbanua, P. H. (2024). *Dasar-Dasar Agronomi*. Padang: Penerbit Azzia Karya Bersama.
- Thalbah, H. (2008). *Ensiklopedia Mukjizat Al-Qur'an dan hadist Kemukjizatan Penciptaan Tumbuhan*. Bekasi: PT. Sapta Sentosa.
- Wahyuni, S. d. (2019). *Anatomi Fisiologi Tumbuhan*. Malang: UMM Press.
- Yudha, G. P. (2013). Pertumbuhan Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) dan Akumulasi Logam Timbal (Pb). *Jurnal Biologi Universitas Andalas*.Vol.2, No.2



## Lampiran 1: Surat Identifikasi



### LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : [labpend.biologi@ar-raniry.ac.id](mailto:labpend.biologi@ar-raniry.ac.id)



23 April 2026

Nomor : B-21/Un.08/KL.PBL/KS.00/04/2026  
Sifat : Biasa  
Lamp : -  
Hal : *Surat Telah Melakukan Identifikasi  
Penelitian di Laboratorium*

Pengelola Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Siska**  
NIM : 220207012  
Prodi : Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry  
Banda Aceh  
Alamat : Lambaro Seubun, Lhoknga – Aceh Besar  
No. HP : 083160234255  
Pendamping : Annisa Putri, S.Pd

Benar nama yang tersebut diatas telah meminjam alat laboratorium dan Pemakaian ruang laboratorium untuk melakukan identifikasi hasil penelitian di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, dengan judul ***“Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (Pterocarpus indicus) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan”***. Demikianlah surat ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK  
Pengelola Lab. PBL,

**Nurlia Zahara**

Dok. Lab PBL

## Lampiran 2: Surat Bebas Laboratorium



### LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : [labpbl@uinar-raniry.ac.id](mailto:labpbl@uinar-raniry.ac.id)



23 April 2026

Nomor : B-22/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/04/2026  
Sifat : Biasa  
Lamp : -  
Hal : Surat Keterangan Bebas Laboratorium

Pengelola Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Siska  
NIM : 220207012  
Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN  
Ar-Raniry  
Alamat : Lambaro Seibun, Lhoknga – Aceh Besar

Benar yang nama tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul “*Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (Pterocarpus indicus) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan di Sekitar Banda Aceh sebagai Referensi Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan*” dalam rangka menyelesaikan tugas akhir skripsi pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan dengan laboratorium Pendidikan Biologi.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK  
Pengelola Lab. PBL,

  
Nurlia Zahara

**Lampiran 3:** *Wawancara dengan dosen Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan*



*Wawancara dengan Mahasiswa Pendidikan Biologi yang telah mengambil  
Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan*



## Lampiran 4 : Uji Kelayakan

1 = Tidak Layak

2 = Kurang Layak

3 = cukup Layak

4 = Layak

5 = sangat layak

Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian-

- Mohon Bapak/Ibu memberi penilaian setiap aspek dengan cara memberi centang (✓) pada kolom penilaian yang telah disediakan.
- Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. komponen kelayakan isi buku

| Indikator                         | Butir penilaian                                         | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                   |                                                         | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Cakupan materi                    | Keluasan materi sesuai tujuan pembelajaran              |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                   | Kedalaman materi sesuai tujuan pembelajaran             |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                   | Kejelasan materi                                        |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Keakuratan materi                 | Keakuratan data dan fakta                               |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                   | Keakuratan konsep dan teori                             |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                   | Keakuratan gambar/ilustrasi                             |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Kemutakhiran materi               | Kesesuaian dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Total skor komponen kelayakan isi |                                                         |           |   |   |   |   |                  |

2. komponen kelayakan penyajian

| Indikator                               | Butir penilaian                           | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                         |                                           | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Teknik penyajian                        | Keurutan konsep                           |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                         | Kelogisan penyaji                         |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Pendukung penyajian                     | Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi        |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                         | Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Total skor komponen kelayakan penyajian |                                           |           |   |   |   |   |                  |

3. komponen kelayakan kegrafikan

| Indikator                                | Butir penilaian                                             | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                          |                                                             | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Artistik & Estetika                      | Komposisi buku sesuai tujuan pembelajaran                   |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Penggunaan teks dan grafis proporsional                     |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                          | Kemenarikan layout dan tata letak                           |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Pendukung penyajian materi               | Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca           |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Produk bersifat informatif kepada pembaca                   |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Secara keseluruhan buku menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Total skor komponen kelayakan kegrafikan |                                                             |           |   |   |   |   |                  |

#### 4. komponen pengembangan

| Indikator                        | Butir penilaian                                  | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                  |                                                  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Teknik penyajian                 | Konsistensi sistematika sajian                   |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Kelogisan penyajian dan keurutan konsep          |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Kejelasan materi                                 |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Koherensi substansi                              |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Keseimbangan substansi                           |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Pendukung penyajian materi       | Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Adanya rujukan atau sumber acuan                 |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Total skor komponen pengembangan |                                                  |           |   |   |   |   |                  |

#### Kesimpulan

81% - 100% : sangat layak  
 61% - 80% : layak  
 41% - 60% : cukup layak  
 21% - 40% : tidak layak  
 <21% : sangat tidak layak

Mengetahui,

Banda Aceh, 26 April 2026

AR-RANITY

Cut Ratna Dewi, M.Pd.

1 = Tidak Layak

2 = Kurang Layak

3 = cukup Layak

4 = Layak

5 = sangat layak

Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

- a. Mohon Bapak/Ibu memberi penilaian setiap aspek dengan cara memberi centang (✓) pada kolom penilaian yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. komponen kelayakan isi buku

| Indikator                         | Butir penilaian                                         | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                   |                                                         | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Cakupan materi                    | Keluasan materi sesuai tujuan pembelajaran              |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                   | Kedalaman materi sesuai tujuan pembelajaran             |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                   | Kejelasan materi                                        |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Keakuratan materi                 | Keakuratan data dan fakta                               |           |   | ✓ |   |   |                  |
|                                   | Keakuratan konsep dan teori                             |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                   | Keakuratan gambar/ilustrasi                             |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Kemutakhiran materi               | Kesesuaian dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Total skor komponen kelayakan isi |                                                         |           |   |   |   |   |                  |

2. komponen kelayakan penyajian

| Indikator                               | Butir penilaian                           | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                         |                                           | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Teknik penyajian                        | Keurutan konsep                           |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                         | Kejelasan penyaji                         |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Pendukung penyajian                     | Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi        |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                         | Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Total skor komponen kelayakan penyajian |                                           |           |   | 4 |   |   |                  |

3. komponen kelayakan kegrafikan

| Indikator                                | Butir penilaian                                             | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                          |                                                             | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Artistik & Estetika                      | Komposisi buku sesuai tujuan pembelajaran                   |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Penggunaan teks dan grafis proporsional                     |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                          | Kemenarikan layout dan tata letak                           |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Pendukung penyajian materi               | Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca           |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Produk bersifat informatif kepada pembaca                   |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                          | Secara keseluruhan buku menumbuhkan rasa ingin-tahu pembaca |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Total skor komponen kelayakan kegrafikan |                                                             |           |   |   |   |   |                  |

4. komponen pengembangan

| Indikator                        | Butir penilaian                                  | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|                                  |                                                  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Teknik penyajian                 | Konsistensi sistematika sajian                   |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Kelogisan penyajian dan keurutan konsep          |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Kejelasan materi                                 |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Koherensi substansi                              |           |   |   | ✓ |   |                  |
|                                  | Keseimbangan substansi                           |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Pendukung penyajian materi       | Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi |           |   |   |   | ✓ |                  |
|                                  | Adanya rujukan atau sumber acuan                 |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Total skor komponen pengembangan |                                                  |           |   |   |   |   |                  |

Kesimpulan

81% - 100% : sangat layak  
 61% - 80% : layak  
 41% - 60% : cukup layak  
 21% - 40% : tidak layak  
 <21% : sangat tidak layak

Mengetahui,  
 Banda Aceh, 24 April 2026

جامعة الرانري

A R - R A N I

Nurdin Amin S.Pd.I, M.Pd.

- 1 = Tidak Layak  
 2 = Kurang Layak  
 3 = cukup Layak  
 4 = Layak  
 5 = sangat layak

**Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian**

- Mohon Bapak/Ibu memberi penilaian setiap aspek dengan cara memberi centang (✓) pada kolom penilaian yang telah disediakan.
- Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

**Lembar Penilaian Buku Ajar Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan.**

| Sub komponen  | Unsur yang dinilai                                                                                         | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|               |                                                                                                            | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Format cover  | Format margins pada cover buku sudah sesuai.                                                               |           |   |   |   | ✓ |                  |
|               | Cover yang digunakan sesuai dengan warna menarik dan kreatif.                                              |           |   |   |   | ✓ |                  |
|               | Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca.                                                             |           |   |   |   | ✓ |                  |
| Tampilan Umum | Desain media sesuai dengan materi Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> ).   |           |   |   | ✓ |   |                  |
|               | Desain media memberikan contoh real Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> ). |           |   |   |   | ✓ |                  |

|                                   |                                                     |  |  |  |   |  |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--|--|--|---|--|
| Isi Buku                          | Memuat isi buku yang jelas                          |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Memuat gambar dengan jelas                          |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Memuat pewarnaan gambar yang menarik                |  |  |  | ✓ |  |
| Komponen Penyajian                | Ukuran font tulisan mudah dibaca                    |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Penyajian media membantu pembelajaran peserta didik |  |  |  | ✓ |  |
| Total skor komponen kelayakan isi |                                                     |  |  |  |   |  |

**Kesimpulan**

81% - 100% : sangat layak  
61% - 80% : layak  
41% - 60% : cukup layak  
21% - 40% : tidak layak  
<21% : sangat tidak layak

Mengetahui,  
Banda Aceh, 26 April 2026

Mulyadi S.Pd.I.M.Pd.

A R - R A N I R Y

- 1 = Tidak Layak  
 2 = Kurang Layak  
 3 = cukup Layak  
 4 = Layak  
 5 = sangat layak

**Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian**

- a. Mohon Bapak/Ibu memberi penilaian setiap aspek dengan cara memberi centang (✓) pada kolom penilaian yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

**Lembar Penilaian Buku Ajar Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan.**

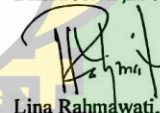
| Sub komponen  | Unsur yang dinilai                                                                                         | Penilaian |   |   |   |   | Komentar / saran |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|------------------|
|               |                                                                                                            | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |                  |
| Format cover  | Format margins pada cover buku sudah sesuai.                                                               |           |   |   |   | ✓ |                  |
|               | Cover yang digunakan sesuai dengan warna menarik dan kreatif.                                              |           |   |   |   | ✓ |                  |
|               | Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca.                                                             |           |   |   | ✓ |   |                  |
| Tampilan Umum | Desain media sesuai dengan materi Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> ).   |           |   |   |   | ✓ |                  |
|               | Desain media memberikan contoh real Karakteristik Stomata Tumbuhan Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> ). |           |   |   | ✓ |   |                  |

|                                   |                                                     |  |  |  |   |  |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--|--|--|---|--|
| Isi Buku                          | Memuat isi buku yang jelas                          |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Memuat gambar dengan jelas                          |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Memuat pewarnaan gambar yang menarik                |  |  |  | ✓ |  |
| Komponen Penyajian                | Ukuran font tulisan mudah dibaca                    |  |  |  | ✓ |  |
|                                   | Penyajian media membantu pembelajaran peserta didik |  |  |  | ✓ |  |
| Total skor komponen kelayakan isi |                                                     |  |  |  |   |  |

**Kesimpulan**

81% - 100% : sangat layak  
61% - 80% : layak  
41% - 60% : cukup layak  
21% - 40% : tidak layak  
<21% : sangat tidak layak

Mengetahui,  
Banda Aceh, 26 April 2026

  
Lina Rahmawati, M.Si.

جامعة الرانيري  
A R - R A N I R Y