

ANALISIS KADAR KLOOROFIL TUMBUHAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus willd L.*) DI SEPUTARAN KAWASAN KOTA BANDA ACEH SEBAGAI BIOINDIKATOR UDARA UNTUK MENUNJANG MATA KULIAH EKOLOGI DAN PROBLEMATIKA LINGKUNGAN

SKRIPSI

Diajukan oleh :

RAFIF SIDQIE

NIM. 180207082

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M/1445H**

**ANALISIS KADAR KLOOROFIL TUMBUHAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus willd L.*)
DI SEPUTARAN KAWASAN KOTA BANDA ACEH SEBAGAI BIOINDIKATOR
UDARA UNTUK MENUNJANG MATA KULIAH EKOLOGI DAN PROBLEMATIKA
LINGKUNGAN**

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 :

RAFIF SIDQIE

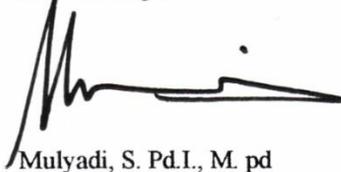
NIM.18207082

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi

جامعة الرانيري

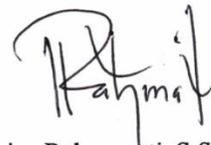
A R . Disetujui Oleh : R Y

Pembimbing I



Mulyadi, S. Pd.I., M. pd
NIP.198212222009041008

Pembimbing II



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

ANALISIS KADAR KLOOROFIL TUMBUHAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus willd L.*) DI SEPUTARAN KAWASAN KOTA BANDA ACEH SEBAGAI BIOINDIKATOR UDARA UNTUK MENUNJANG MATA KULIAH EKOLOGI DAN PROBLEMATIKA LINGKUNGAN

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian 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

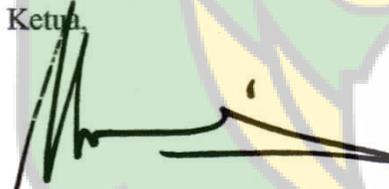
Pada Hari/Tanggal:

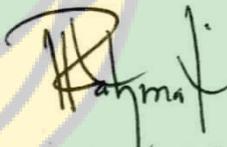
Kamis, 18 Juli 2024
12 Muharram 1446 AH

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

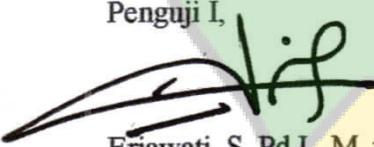
Sekretaris,

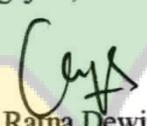

Mulyadi, S. Pd.I., M. pd
NIP.198212222009041008


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

Penguji I,

Penguji II,


Eriawati, S. Pd.I., M. pd
NIP. 198111262009102003


Cut Rama Dewi, S. Pd.I., M. pd
NIP. 198809072019032013

Mengetahui,

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Dan Salam Banda Aceh




Prof. Safrul Mullah, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph. D
NIP.197301021997031003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Rafif sidqie
NIM : 18020782
Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi : Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan 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 melakukan manipulasi dan pemalsuan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

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

Banda Aceh, 19 juli 2024

Yang Menyatakan


Rafif sidqie



ABSTRAK

Kadar klorofil tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) penting dikaji untuk memberi gambaran dan informasi mengenai banyaknya klorofil serta manfaatnya. Informasi mengenai pengukuran kandungan klorofil tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh belum pernah dilakukan sehingga perlu dikaji dengan suatu penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah rata-rata dan perbedaan jumlah kandungan klorofil tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di tiga tempat yang berbeda dan di uji kelayakan buku ajar untuk menungjung matakuliah ekologi dan problematika lingkungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode spektrofotometri dengan teknik pengambilan sampel secara *Purposive Sampling*. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Data hasil penelitian dianalisis menggunakan Analisis Varians (*One-Way ANOVA*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa di stasiun 1 jumlah rata-rata kandungan klorofil a yaitu 1,697 mg/l, klorofil b yaitu 3,268 mg/l, dan klorofil total yaitu 3,721 mg/l, sedangkan di stasiun 2 diperoleh jumlah rata-rata kandungan klorofil a yaitu 1,083mg/l, klorofil b yaitu 1,904 mg/l, dan klorofil total yaitu 2,215 mg/l dan stasiun 3 diperoleh rata-rata jumlah kadar klorofil a 0,925. Terdapat perbedaan Jumlah kandungan Klorofil a, b, dan total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) yang mengalami klorosis dan nekrosis di kawasan seputaran kota Banda Aceh. Hasil uji Analisis Varians (*One-Way ANOVA*) pada jumlah kandungan Klorofil a diperoleh nilai $F_{hitung} (3062,4) > F_{tabel} (3,68)$, jumlah kandungan Klorofil b diperoleh nilai $F_{hitung} (3231,3) > F_{tabel} (3,68)$, jumlah kandungan Klorofil total diperoleh nilai $F_{hitung} (3163,8) > F_{tabel} (3,68)$. Hasil penelitian ini diaplikasikan sebagai buku ajar. Hasil uji kelayakan materi terhadap buku ajar dari penelitian ini diperoleh skor 90% dengan katagori sangat layak, sedangkan hasil uji kelayakan media buku ajar dari penelitian ini di peroleh skor 80% dengan katagori layak, dapat disimpulkan dari skor rata-rata 85% dengan katagori sangat layak digunakan sebagai penunjang mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan sedangkan untuk.

Kata kunci : Analisis kadar klorofil, Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*), bioindikator.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memmberikan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, shalawat dan salam senantiasa kita curahkan kepangkuan alam Baginda Nabi Besar Muhammad SAW. Alhamdulillah kami ucapkan yang bahwasaya kami telah dapat menyelesaikan tugas Skripsi yang berjudul **“Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus Indicus Willd L.*) Di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh Sebagai Bioindikator Udara Untuk Menunjang Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan”**. Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan tugas akhir.

Ucapan terimakasih yang tak terhingga kami ucapkan kepada semua yang terlibat baik langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Kami sangat menyadari bahwasanya Skripsi kami ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun, demi kesempurnaan pembuatan Skripsi di masa- masa yang akan datang. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi penulis sendiri.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini perkenalkan penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Safrul Muluk, S. Ag., M.A., M.Ed., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Mulyadi, S.Pd., M.Pd., selaku pembimbing 1 sekaligus Ketua Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

3. Ibu Lina Rahmawati, M.Si selaku pembimbing II yang telah banyak membantu penulis dalam segala hal selama bimbingan.
4. Bapak Muslich Hidayat, S.Si., M.Si. selaku penasehat akademik yang telah memberi bimbingan, arahan serta nasehat sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
5. Terima kasih kepada teman-teman yang selalu setia membantu dalam menyelesaikan skripsi ini: Raja Ihsan Parlindungan Sagala, Darma Syahputra, Nurul Huda Syawalilda, T. Habibuddin, Teuku Ilham Syahreza, Rahmad putra, Adit nurhuda dan seluruh teman-teman Unit 03, dan seluruh mahasiswa Prodi Pendidikan Biologi leting 2018 dan asisten laboratorium.

Terima kasih yang tiada henti habisnya kepada Ayahanda tersayang arifuddin abdussalam dan Ibunda tercinta khairunnisa, yang selalu mendoakan, memberi nasehat, dan mendukung penulis dari awal sampai terselesaikan skripsi ini dengan baik. Terimakasih juga kepada kakak tersayang,kakak Nasyiranun mona yang selalu berdoa, memberi semangat, dukungan dan motivasi. Penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan yang pernah penulis lakukan. Semoga apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin Yarrabl' Alamin.

Banda Aceh, 18 Juli 20224

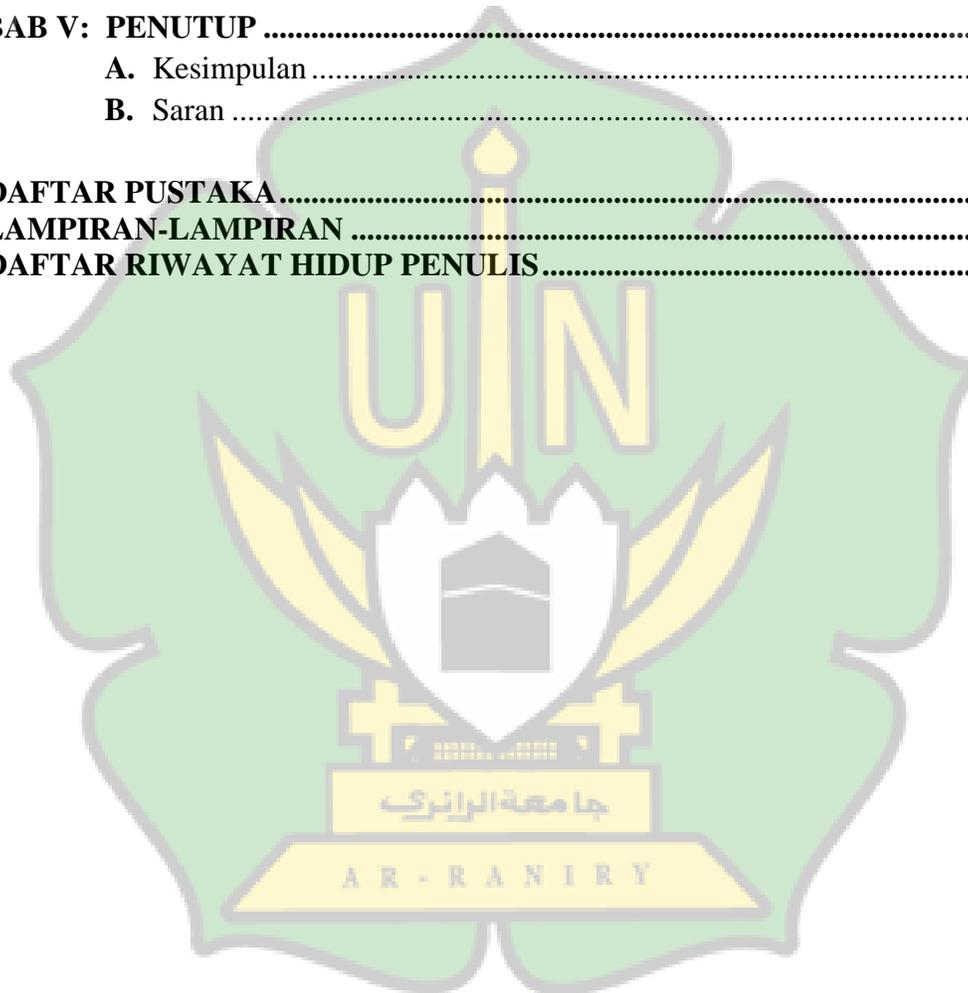
Penulis,

Rafif Sidqie

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMABAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
Bab I: PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	9
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
E. Definisnisi Operasional.....	10
Bab II: LANDASAN TEORI	14
A. Tumbuhan Angsana.....	14
B. Analisis Kadar Klorofil.....	17
C. Klorofil.....	19
D. Daun.....	21
E. Bioindikator	22
F. Kawasan Kota Banda Aceh	25
G. Mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan	25
H. Uji kelayakan Buku ajar	26
BAB III:METODE PENELITIAN.....	32
A. Rancangan Penelitian.....	32
B. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	33
C. Populasi Dan Sampel	35
D. Alat Dan Bahan.....	35
E. Instrumen Penelitian	37
F. Paramaeter Penelitian	37
G. Prosedur Penelitian	37
H. Teknik Analisis Data	41
I. Uji kelayakan buku ajar	42

J. Range rata-rata kadar klorofil	45
BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Hasil Penelitian	46
B. Pembahasan	60
BAB V: PENUTUP	68
A. Kesimpulan	68
B. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN-LAMPIRAN	74
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	108



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Alat yang digunakan dan fungsinya.....	35
Tabel 2.2	Bahan yang digunakan dan fungsinya	35
Tabel 3.1	Uji kelayakan Buku Ajar.....	43
Tabel 4.1	Kandungan klorofil a pada tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus wild L.</i>) di Kawasan seputaran kota banda aceh	47
Table 4.2	Kadar klorofil b pada daun tumbuhan angšana (<i>Pterocarpus Indicus wildL.</i>) di kawasan seputaran kota banda aceh	49
Tabel 4.3	Kadar klorofil total pada daun tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus Indicus wild L.</i>) di kawasan seputaran kota banda aceh.....	50
Tabel 5.1	Jumlah rata-rata kadar klorofil a, b dan total tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus Indicus wild L.</i>)	51
Tabel 5.2	Faktor fisik dan kimia di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.....	56
Tabel 5.3	Range rata-rata kadar klorofil daun tumbuhan Angsana di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh	57
Tabel 5.4	Morfologi daun tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus Indicus wild L.</i>) di seputaran kota banda aceh berdasarkan klorosis dan nekrosis daun secara makroskopis	58
Tabel 5.5	Uji kelayakan Materi Buku ajar Mata Kuliah Ekologi dan Problematika lingkungan	61
Tabel 5.6	Uji kelayakan Media Buku ajar Mata Kuliah Ekologi dan Problematika lingkungan	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(<i>Pterocarpus Indicus Willd</i>).....	26
Gambar 2.2	Peta taman sari,jalan medan banda aceh dan jalan Iskandar Muda	34
Gambar 3.1	Rata-rata klorofil a angšana (<i>Pterocarpus Indicus wild.L</i>) di seputaran kawasan kota banda aceh.....	48
Gambar 3.2	Grafik jumlah rata-rata kadar klorofil b pada daun tumbuhan angšana (<i>Pterocarpus Indicus wild L.</i>) di kawasan kota banda aceh	50
Gambar 3.3	Grafik jumlah rata-rata kandungan klorofil total pada tumbuhan Angšana di kawasan seputaran kota banda aceh.....	51
Gambar 4.1	Grafik jumlah rata-rata kadar klorofil a,b dan total pada daun tumbuhan angšana (<i>Pterocarpus Indicus wild L.</i>) di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh	53
Gambar 4.2	Cover buku ajar Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angšana (<i>Pterocarpus indicus will L</i>).....	60
Gambar 4.3	Grafik Hasil Uji kelayakan.....	63



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keputusan bimbingan skripsi	83
Lampiran 2	Surat permohonan izin penelitian	84
Lampiran 3	Surat telah melakukan penelitian.....	85
Lampiran 4	Surat keterangan bebas laboratorium	86
Lampiran 5	Panjang gelombang 645 nm Daun Tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus willd L.</i>).....	87
Lampiran 6	Panjang gelombang 663 nm Daun Tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus willd L.</i>).....	87
Lampiran 7	Faktor Fisik dan Kimia di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.....	88
Lampiran 8	Hasil Pengujian Kandungan Klorofil dengan Menggunakan Rumus Klorofil.....	89
Lampiran 9	Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil a pada tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus willd L.</i>) Di Seputaran Kota Banda Aceh.....	92
Lampiran 10	Data mentah spss 25 Klorofil a.....	93
Lampiran 11	Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil b pada tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus willd L.</i>) Di Seputaran Kota Banda Aceh.....	94
Lampiran 12	Data mentah spss 25 klorofil b	95
Lampiran 13	Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil Total pada tumbuhan Angsana (<i>Pterocarpus indicus willd L.</i>) Di Seputaran Kota Banda Aceh.....	96
Lampiran 14	Data mentah spss 25 Klorofil total	97
Lampiran 15	Perhitungan f tabel.....	98
Lampiran 16	Lembar kuesioner Penilaian Produk Hasil Penelitian	99
Lampiran 17	Kegiatan penelitian.....	106

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan adalah mata kuliah keahlian (MKK) di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, dikhususkan bagi program studi Pendidikan Biologi dengan bobot nilai 2 SKS. Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan dapat di ambil oleh mahasiswa pada saat semester II (genap). Tujuan dalam pembelajaran ini untuk menjadikan mahasiswa sebagai individu yang mampu mengambil keputusan yang tepat terkait dengan permasalahan lingkungan.

Berdasarkan Silabus mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan terdapat materi tentang masalah lingkungan udara, penyebab, dampak dan cara penanggulangan, pada materi ini membahas tentang pencemaran udara, penyebab, dampak dan penanggagulangannya. Kendala pada materi ini adalah masalah lingkungan udara, dampak pencemaran udara tidak hanya berdampak pada manusia pohon juga mengalami kerusakan yang disebabkan oleh pencemaran udara¹

Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan. Permasalahan yang terdapat pada materi Masalah lingkungan udara, sebagian besar mahasiswa kurang mengetahui tentang tanaman tingkat tinggi khususnya tumbuhan angkana dapat dijadikan bioindikator

¹ Rps mk ekologi dan problematika lingkungan 15 febuari 2020

udara, pernyataan ini juga didukung oleh dosen yang mengampu matakuliah ekologi dan problematika lingkungan.²

Berdasarkan hasil wawancara dengan dosen terdapat permasalahan dalam literatur baca khususnya pada pemanfaatan tumbuhan angkana sebagai bioindikator pada materi masalah lingkungan udara. Permasalahan diatas harapannya dengan adanya referensi tambahan seperti media buku ajar sangatlah membantu sehingga mahasiswa lebih memahami materi masalah lingkungan udara.³ Masalah yang diambil dari penelitian ini terletak pada bentuk daun tumbuhan angkana dengan terjadinya pencemaran udara, hasil dari penelitian akan berbentuk literatur baca yaitu buku ajar.

Indikator tujuan yang harus dicapai oleh mahasiswa meliputi mahasiswa dapat menjelaskan masalah-masalah lingkungan hidup yang terjadi di tanah, air dan udara, Mahasiswa mampu menjelaskan penyebab terjadinya masalah lingkungan di tanah,air dan udara, Mahasiswa mampu menjelaskan dampak dari masalah lingkungan di tanah,air dan udara, Mahasiswa mampu menjelaskan cara penggulangan masalah lingkungan, dan tujuan yang harus di capai oleh mahasiswa seperti bentuk penilaian tes/lisan, kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan, ketetapan mejelaskan pengertian materi yang dinyatan setidaknya mahasiswa mampu menguasai

² Wawancara dengan mahasiswa matakuliah ekologi dan problematika lingkungan 13 september 2022

³ Wawancara dengan dosen pengampu matakuliah ekologi dan problematika lingkungan 15 september 2022

materi yang dipelajari minimal 80%. Untuk mengetahui terdapat pencemaran udara dapat dilihat dari penurunan kadar klorofil.

Klorofil merupakan zat hijau daun yang terdapat pada kloroplas sel tanaman. Tumbuh-tumbuhan dapat pula mempunyai warna-warna lain, yaitu kuning atau merah tergantung pada pigmen (zat warna) yang dikandungnya.⁴ Klorofil berperan dapat proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia.⁵ Kloroplas mengubah energi elektromagnetik (cahaya) menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis yang terjadi di dalamnya. Ada pun terdapat ayat aquran yang berkaitan dengan Klorofil yaitu QS. al-Hajj 63: yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَتُصْبِحُ الْأَرْضُ مُخْضَرَّةً إِنَّ اللَّهَ لَطِيفٌ خَبِيرٌ

Artinya : “. Tidakkah engkau memperhatikan, bahwa Allah menurunkan air (hujan) dari langit, sehingga bumi menjadi hijau? Sungguh, Allah Mahahalus, Maha Mengetahui.

Berdasarkan penjelasan tafsir Quraish shihab ayat ini menjelaskan Tidakkah kalian berpikir, wahai orang-orang yang berakal, tentang tanda-tanda kekuasaan Allah yang ada disekelilingmu agar kalian kemudian menyembahnya. Dialah yang menurunkan air hujan dari awan hingga membuat bumi menjadi hijau, penuh dengan tumbuhan-tumbuhan setelah sebelumnya kering-kerontang. Allah Mahalembut, yang

⁴ Sumijo hadi riyono, “beberapa sifat umum dari klorofil fitoplanton”, *jurnal oscana*, Vol. 32, No.1, (2007), h.23.

⁵ Nio Song Ai, dkk, “konsentrasi klorofil daun sebagai indicator kekurangan air pada tanaman”, *jurnal ilmiah sains*, Vol.11, No.2, (2011), h.167.

mengetahui secara rinci dan menyediakan apa saja yang mendatangkan manfaat kepada hambanya.

Berdasarkan penjelasan tafsir tafsir Quraish shihab, pada ayat di atas pada kalimat bumi menjadi hijau, menunjuk kepada zat hijau daun yang sangat diperlukan dalam proses asimilasi karbon dioksida. Istilah yang digunakan Al-Qur'an ini, lebih tepat dari istilah klorofil yang berarti zat hijau daun, karena zat-zat yang dimaksud tidak hanya terdapat pada daun tumbuh-tumbuhan, tetapi pada seluruh bagian tumbuhan yang hijau.⁶ Fotosintesis merupakan proses metabolisme fundamental bagi tumbuhan, berperan krusial dalam kelangsungan hidup dan pertumbuhan mereka. Melalui proses ini, tumbuhan mengonversi energi cahaya menjadi energi kimia, mensintesis karbohidrat dari karbon dioksida dan air, serta melepaskan oksigen sebagai produk sampingan.

Fotosintesis terjadi di daun, serta peran penting klorofil untuk menangkap gelombang energi dari cahaya matahari dan melanjutkannya ke pusat reaksi fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tumbuhan hanya dapat memanfaatkan sinar dengan panjang gelombang di kisaran 400-700 nm.⁷ Oleh karena itu jumlah dari klorofil akan sangat menentukan hasil produksi gula dari fotosintesis. Tumbuhan tingkat tinggi memiliki dua macam klorofil yaitu klorofil a yang berwarna hijau tua dan klorofil b yang berwarna merah muda.

⁶ M. Quraish Shihab, Tafsir Al-Mishbah, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 579.

⁷ Ari arfandi, dkk, "proses pembentukan feofitin daun suji sebagai bahan aktif *photosensitizer* akibat pemberian variasi suhu", *jurnal pillar of physics*, Vol.1, No.5, (2013), h.69.

Kawasan Kota Banda Aceh merupakan Kawasan yang memiliki kelimpahan tumbuhan angšana yang berada di pinggiran jalan dan di taman-taman seperti Taman sari bustanus salatin terletak di kampong baru, kecamatan Baiturahman, Kota Banda Aceh, selain itu jalan-jalan seperti jalan Medan-Banda Aceh dan jalan bandara sultan Iskandar muda menjadi jalan yang dilalui masyarakat.

Kondisi lingkungan di Taman sari bustanus salatin, Jalan medan banda aceh dan jalan bandara sultan Iskandar muda, memiliki keberagaman tanaman, keberagaman tanaman termasuk seperti pinus, Ketapang, trembesi, angšana dan masih banyak lainnya. Berdasarkan hasil observasi awal terdapat 53 tumbuhan angšana di taman kawasan taman sari bustanus salatin, sepanjang jalan medan banda aceh terdapat 19 tumbuhan angšana dan sepanjang jalan bandara sultan Iskandar muda terdapat 47 tumbuhan angšana, tetapi kedua jalan tersebut sangat sering dilintasi oleh kendaraan, Banyaknya kendaraan yang melintas mengakibatkan kenaikan kadar polutan yang signifikan. Polutan yang terserap oleh daun melalui stomata secara bertahap akan menyebabkan kerusakan salah satu helaian daun, laju fotosintesis terhambat, luas daun menyusut, penurunan kadar klorofil dan kematian pada daun.⁸

Daun yang terdapat di Tanaman mampu mengabsorpsi beberapa jenis polutan dengan efektif, sehingga dapat berperan dalam membersihkan udara dari polusi.

⁸ Warsita, dkk, "Kandungan Klorofil a dan Klorofil b pada Daun Beberapa Jenis Anakan Pohon di Tepi Jalan Tol Jagorawi dan Balitra Kotamadya Bogor", *jurnal Media Konservasi*, Vol. 4, No.4, (1995), h.3

Polutan terabsorpsi terikut dalam proses metabolisme. Sehingga keefektifan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Polutan yang terserap oleh daun melalui stomata secara bertahap akan menyebabkan kerusakan salah satunya pada kondisi helaian daun, laju fotosintesis terhambat, luas daun menyusut, penurunan kadar klorofil dan kematian pada daun⁹

Salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator. Di Kawasan Kota Banda Aceh banyak di tanami tanaman peneduh jalan, salah satunya tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Tumbuhan angkana sebagai salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian daun.¹⁰ Daun merupakan salah satu bagian tumbuhan yang paling dominan jumlahnya dalam satu tanaman dan paling peka terhadap pencemar udara menandakan bahwa pengaruh pencemaran udara pada daun dapat dilihat dari kerusakan secara makroskopis seperti klorosis, nekrosis atau secara mikroskopis seperti struktur sel atau perubahan secara fisiologi dan kimia seperti perubahan klorofil dan metabolisme, Bioindikator pencemaran udara salah satunya adalah Tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*). tumbuhan Angkana sebagai

⁹ Karliansyah, N. S. W. Kerusakan Daun Tanaman sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angkana dan Mahoni dengan Pencemar Udara NO_x dan SO₂). (Tesis tidak dipublikasikan). Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia. Jakarta. 1997.h.23

¹⁰ Roziaty, Efri. Kandungan klorofil, struktur anatomi daun angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*) dan kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri pupuk PT. Pusri di Palembang. Sekolah pascasarjana, institut pertanian bogor. Bogor 2009 h.78

salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian daun.¹¹ Proses pengukuran kadar klorofil tumbuhan di lakukan dengan metode spektrofotometri dengan menggunakan alat spektrofotometer.

Mengenai analisis kadar klorofil, maka di temukan 2 penelitian terdahulu. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Dian Rizkiaditama tentang Analisis Kadar Klorofil Pada Tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Kawasan Ngoro Industry Persada (NIP) Ngoro Mojokerto Sebagai Sumber Belajar Biologi, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar klorofil bervariasi. Kadar klorofil a dan klorofil b tertinggi pada selatan Blok H2 sebesar 17,454 mg/g, dan 7,454 mg/g, kadar klorofil a dan b terendah pada jalan Blok G dan N sebesar 6,859 mg/g dan 2,610 mg/g. Kerapatan industri mempunyai hubungan berbanding terbalik dengan kadar klorofil, semakin banyak industri maka semakin sedikit kadar klorofil, dan kerusakan daun yang terkena pencemaran udara mengalami gejala klorosis dan nekrosis.¹²

Menurut Ulfira Keanekaragaman *Lichens* di Sekitaran Kampus Uin Ar-Raniry Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Masalah Lingkungan, hasil penelitian ditemukan pada seluruh lokasi penelitian sebanyak 3663 sampel Lichenes, dari 15 spesies Lichenes yang terdiri dari 10 familia, yaitu Leprariaceae, Caliciaceae, Opegraphaceae, Graphidaceae, Lecidellaceae, Verrucariaceae, Arthoniaceae,

¹¹ Dian rizkiaditama, dkk, “analisis kadar klorofil pada tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan ngoro industry persada (NIP) ngoro mojokerto sebagai sumber belajar biologi”, *jurnal prosiding seminar nasional 3*, (2017), h.288

¹² Dian rizkiaditama, dkk, ...

Physciaceae, Lecanoromycetidae, Parmeliaceae. Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan di dapatkan jenis *Lepraria* sp., *Dirinaria appplanata*, *Dirinaria confusa*, *Opegrapha atra*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia saxatilis*, *Graphis* sp. *Graphis scripta*, *Lecidella elaeochroma*, *Verrucaria baldensis*, *Hydropunctoria manura*, *Caloplaca citrina*, *Cryptothecia striata*, *Hafellia levieri*, dan *Lecanora muralis*.¹³

Perbedaan kedua penelitian diatas dengan penelitian ini adalah perbedaan dari tempat penelitian yang mana penelitian pertama menggunakan kawasan industri sedangkan penelitian ini menggunakan kawasan kota dan seputarannya untuk mengetahui kadar klorofil. Adapun penelitian kedua membahas mengenai *Lichens* sebagai bioindikator di uin Ar-Raniry sedangkan penelitian ini menggunakan Tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L*) sebagai bioindikatornya. Perbedaan yang mencolok dari penelitian kedua adalah bioindikatornya.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat diasumsikan kondisi lingkungan Di seputaran Kawasan Kota Banda Aceh yang memiliki banyak kendaraan menyebabkan tanaman disekitar seputaran Kawasan Kota Banda Aceh mengalami penurunan keefektifan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang yang menyebabkan penurunan kadar klorofil, Berdasarkan permasalahan peneliti memberi solusi melalui penelitian analisis kadar klorofil tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di seputaran kawasan Kota Banda Aceh diharapkan dapat memberi

¹³ Ulfira, Keanekaragaman *Lichens* di Sekitaran Kampus Uin Ar-Raniry Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Masalah Lingkungan, program studi pendidikan biologi, (2017), h.74

informasi terbaru terkait kadar klorofil di seputaran kawasan Kota Banda Aceh sebagai bio indikator banyaknya polutan di kawasan ini. Hasil penelitian ini dan produk yang di hasilkan akan menjadi sebagai referensi mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan**”.

B. Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah rata-rata kadar klorofil tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai bioindikator udara untuk menunjang mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan?
2. Apakah ada perbedaan kadar klorofil pada daun angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) yang mengalami klorosis dan nekrosis di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai bioindikator udara untuk menunjang mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan?
3. Bagaimanakah hasil uji kelayakan produk sebagai referensi mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan?

C. Tujuan penelitian

Adapun Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui jumlah rata-rata kadar klorofil tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai bioindikator udara pada mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.
2. Untuk mengkaji perbedaan kadar klorofil pada daun angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) yang mengalami klorosis dan nekrosis di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai bioindikator udara pada mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.
3. Untuk menganalisis uji kelayakan produk sebagai referensi mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini di tinjau dari teori dan praktiknya adalah:

1. Manfaat teori
Penelitian ini dapat di jadikan sebagai bahan acuan penelitian pendahulu untuk penelitian selanjutnya dan dapat juga bermanfaat sebagai sumber penjelasan dan menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan penelitian ini.
2. Manfaat praktis
 - a. Bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi penelitian ini menambah wawasan mengenai kadar klorofil tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*).

- b. Bagi dosen pengampuh Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dalam bentuk buku ajar untuk referensi Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan

E. Definisi Operasional

Untuk menghindari kesalah pahaman dalam penelitian ini, maka peneliti perlu menjelaskan istilah berikut:

1. Analisis Kadar klorofil

Analisi kadar klorofil menggunakan rumus arnon untuk menghitung klorofil dalam sampel tanaman. Masukkan nilai absorsi (OD 645 dan OD 663) ke rumus $(20,0 \times OD\ 645) + (0,1 \times OD\ 663)$. Hasil perhitungan akan memberikan estimasi konsentrasi klorofil dalam $\mu\text{g/mL}$.

2. Tumbuhan Angsana

Tumbuhan agsana pada penelitian ini yang dijadikan sampelnya adalah daun. Terdapat empat tipe daun yaitu: Daun tua, Daun muda, Daun muda yang mengalami klorosis dan nekrosis dan Daun yang telah mengalami klorosis dan nekrosis¹⁴

3. Bioindikator

Bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang kehadirannya atau perilakunya di alam berkorelasi dengan kondisi lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan tertentu sehingga dapat digunakan

¹⁴ Dodi Nandika dan Nadrizum Mubin, 30 *Jenis Pohon Di Taman & Hutan Kota*, (IPB Press: bogor, 2017), h .6.

sebagai suatu petunjuk atau uji kuantitatif Bioindikator pencemaran udara salah satunya adalah Tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Tumbuhan angkana sebagai salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian daun.¹⁵

4. Mata kuliah ekologi dan Problematika lingkungan

Mata kuliah Ekologi dan Problematika lingkungan yang berada dimateri tentang masalah lingkungan udara, penyebab, dampak dan cara penanggulangan, pada materi ini membahas tentang pencemaran udara, penyebab, dampak dan penanggulangannya sehingga bisa di jadikan buku ajar sebagai refensi.

5. Kawasan banda aceh

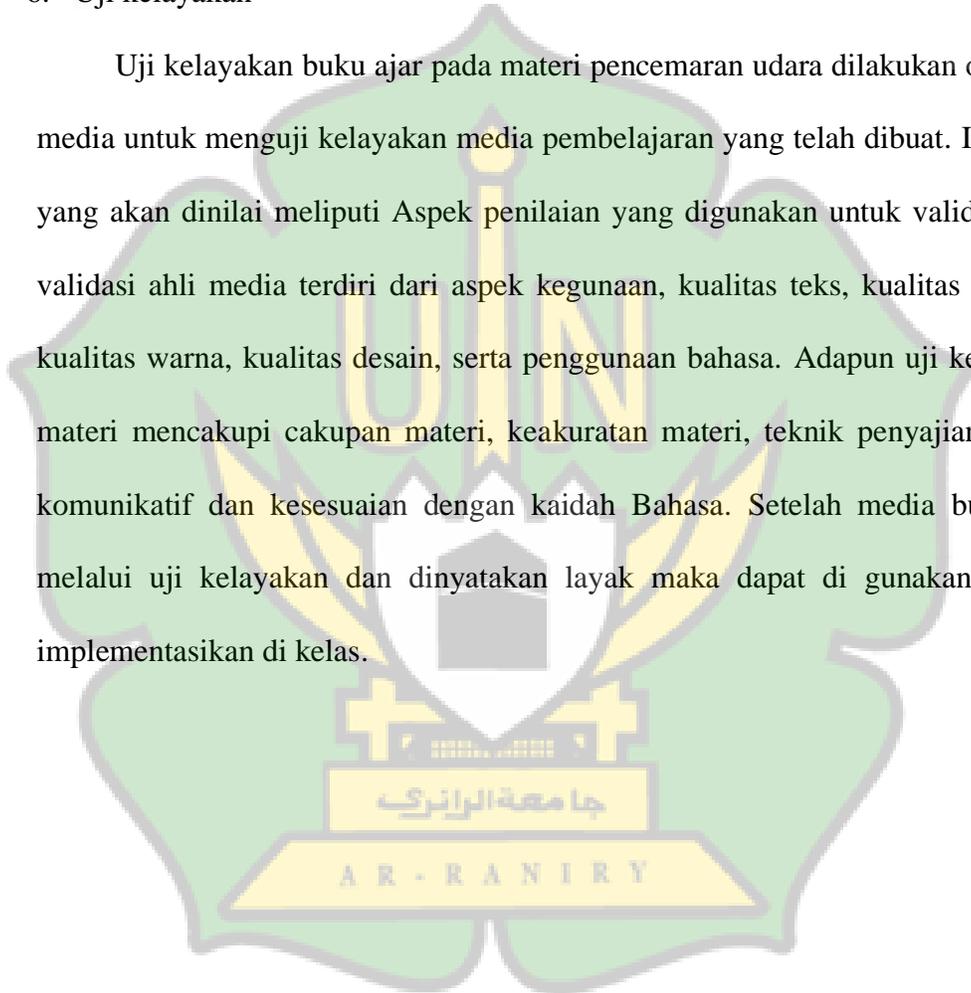
Kawasan Kota Banda Aceh yang akan diteliti dalam penelitian ini terdapat tiga stasiun: stasiun pertama terletak di Kawasan taman sari bustanus salatin faktor yang mempengaruhi terletak di sekitaran kota. Stasiun kedua terletak di Jalan medan banda aceh kampong Lampreh Lamteungoh, Kecamatan. Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, faktor yang mempengaruhi yaitu memiliki jalan yang sangat aktif dilalui oleh transportasi. Adapun stasiun ketiga terletak di Jalan bandara sultan

¹⁵ Sri Unon Purwati, "Karakteristik Bioindikator Cisdane Kajian Pemanfaatan Makrobentik Untuk Menilai Kualitas Sungai Cisdane", *Jurnal Ecolab*, Vol.9, No.2, (2015), h.48

Iskandar muda Kampong. Blang, Kecamatan. Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, faktor yang mempengaruhi terletak di tengah.

6. Uji kelayakan

Uji kelayakan buku ajar pada materi pencemaran udara dilakukan oleh ahli media untuk menguji kelayakan media pembelajaran yang telah dibuat. Indikator yang akan dinilai meliputi Aspek penilaian yang digunakan untuk validasi oleh validasi ahli media terdiri dari aspek kegunaan, kualitas teks, kualitas gambar, kualitas warna, kualitas desain, serta penggunaan bahasa. Adapun uji kelayakan materi mencakupi cakupan materi, keakuratan materi, teknik penyajian, lugas, komunikatif dan kesesuaian dengan kaidah Bahasa. Setelah media buku ajar melalui uji kelayakan dan dinyatakan layak maka dapat di gunakan dan di implementasikan di kelas.



BAB II LANDASAN TEORI

A. Tumbuhan Angsana

Pohon ialah tumbuhan yang berkayu cenderung besar dan tinggi serta memiliki bagian-bagian seperti akar, batang, dahan, ranting, daun maupun buah (golongan pohon yang berbuah).

1. kelompok pohon berakar serabut

Jenis akar serabut ini terdapat pada tumbuhan monokotil. Meskipun ada tumbuhan dikotil yang juga bisa memilikinya. Fungsi utama dari akar serabut yakni untuk memperkukuh berdirinya tumbuhan.¹⁶

2. kelompok pohon berakar tunggang

Jenis akar tunggang ini biasanya terdapat pada tumbuhan dikotil. Akar tunggang memiliki fungsi utama sebagai penyimpan makanan. Akar tunggang merupakan akar lembaga yang tumbuh terus-menerus menjadi akar pokok yang kemudian bercabang menjadi akar yang lebih kecil. Akar tumbuhan angkana merupakan akar papan atau akar banir, yaitu bentuk akar menyerupai papan yang

¹⁶ juwita ratnasariniaga swadaya, Jakarta 2018. Galeri Tanaman Hias Daun. New media

tumbuh pada bagian atas akar. Akar ini sangat kuat yang berfungsi untuk menopang pohon. Namun pohon ini akan meranggas saat musim kemarau.

Tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) adalah suatu spesies alami yang berasal dari Asia tenggara, Kamboja, Cina bagian utara, Timor Timur, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Filipina, Thailand hingga Vietnam. Di budidayakan luas di daerah tropis. Sebaran pohon yang luas ditemukan di hutan primer dan beberapa hutan sekunder dataran rendah, umumnya di sepanjang sungai pasang surut dan pantai berbatu. Merupakan jenis pionir yang tumbuh baik di daerah terbuka. Tumbuh pada berbagai macam tipe tanah, dari yang subur ke tanah berbatu. Biasanya ditemukan sampai ketinggian 600 mdpl, namun masih bertahan hidup sampai 1.300 mdpl. Sering menjadi tanaman hias di taman dan sepanjang jalan.¹⁷

Salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator. Di Seputaran Kota Banda Aceh banyak di tanami pohon peneduh jalan, salah satunya tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Tumbuhan angšana sebagai salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian organ daun.¹⁸ Daun merupakan salah satu organ tumbuhan yang paling dominan jumlahnya dalam satu tanaman dan paling peka

¹⁷ Miftachul Huda, 2020 Pohon Jembatan Kehidupan New Media h 10

¹⁸ Roziaty, Efri. Kandungan klorofil, struktur anatomi daun angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) dan kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri pupuk PT. Pusri di Palembang. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor 2009 h.78

terhadap pencemar. Menandakan bahwa pengaruh pencemaran udara pada daun dapat dilihat dari kerusakan secara makroskopis seperti klorosis, nekrosis atau secara mikroskopis seperti struktur sel atau perubahan secara fisiologi dan kimia seperti perubahan klorofil dan metabolisme¹⁹

Tanaman mampu mengabsorpsi beberapa jenis polutan dengan efektif, sehingga dapat berperan dalam membersihkan udara dari polusi. Polutan terabsorpsi terikut dalam proses metabolisme. Sehingga keefektifan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Polutan yang terserap oleh daun melalui stomata secara bertahap akan menyebabkan kerusakan salah satunya pada kondisi helaian daun, laju fotosintesis terhambat, luas daun menyusut, penurunan kadar klorofil dan kematian pada daun.²⁰

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Fabales
Family : Fabaceae
Genus : Pterocarpus

¹⁹ Karliansyah, N. S. W. Kerusakan Daun Tanaman sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angsana dan Mahoni dengan Pencemar Udara NO_x dan SO₂). (Tesis tidak dipublikasikan). Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia. Jakarta. 1997.h.23

²⁰ Warsita, F.H., Dahlan, E.N., & Agus, P. Kandungan Klorofil-a dan Klorofil-b pada Daun Beberapa Jenis Anakan Pohon di Tepi Jalan Tol Jagorawi dan Balitra Kotamadya Bogor. Media Konservasi.1995. 4 .4, h. 1-7

Spesies : *Pterocarpus indicus willd L.*²¹



Gambar 2.1(*Pterocarpus indicus willd L.*)²²

B. Analisa Kadar Klorofil

Kemampuan pigmen menyerap berbagai panjang gelombang cahaya bisa diukur dengan instrumen yang disebut spektrofotometer. Mesin ini mengarahkan berkas-berkas cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda melalui suatu larutan pigmen dan mengukur fraksi cahaya yang diteruskan

²¹ *Vivi Yuskianti dkk.* “Karakter Morfologi Dan Pertumbuhan Subspecies Kayu Merah (*Pterocarpus indicus willd L.*) Asal Pulau Seram, Maluku Dan Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur Di Persemaian” jurnal pemuliaan tanaman. 2019. vol 13.no 1 h 10

²²Dokumentasi pribadi diambil pada 18 juli 2022

pada setiap panjang gelombang. Grafik yang mengplotkan penyerapan cahaya oleh suatu pigmen versus panjang gelombang disebut spektrum penyerapan atau spektrum absorpsi.²³

Berdasarkan penelitian, klorofil dapat berperan untuk menebalkan dan memperkuat dinding sel sehingga bisa membantu memperbaiki sistem kekebalan tubuh, membantu proses regenerasi dan meningkatkan pembentukan sel, serta memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas dalam tubuh. Klorofil kaya akan zat antiradang, zat antibakteri, antiparasit, dan zat-zat lainnya.²⁴

Adanya manfaat klorofil yang banyak tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan kandungan klorofil pada tumbuhan melalui suatu pengukuran. Pengukuran kandungan klorofil pada tumbuhan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Arnon:²⁵

$$\text{Klorofil a} = (13,7 \times \text{OD } 663) - (5,76 \times \text{OD } 645)$$

$$\text{Klorofil b} = (25,8 \times \text{OD } 645) - (7,7 \times \text{OD } 663)$$

$$\text{Klorofil total} = (20,0 \times \text{OD } 645) + (0,1 \times \text{OD } 663)$$

²³ Neil A. Campbell dan Jane B. Reece, *Biologi...*, h. 205

²⁴ Mohamad Nurzaman, dkk., “Kadar Klorofil pada Beberapa Tumbuhan Obat di Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda Bandung”, *Jurnal Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek*, (2016), h. 66.

²⁵ Ika Susanti Hendriyani dan Nintya Setiari, “Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda”, *Jurnal Sains dan Mat*, Vol. 17, No. 3 (2009), h. 149.

Klorofil memiliki peran vital dalam kehidupan tumbuhan. Fungsi utamanya adalah sebagai pigmen kunci dalam proses fotosintesis, di mana klorofil menyerap energi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi kimia. Energi ini kemudian digunakan untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen. Selain itu, klorofil juga berperan dalam penyerapan cahaya pada spektrum merah dan biru, pembentukan ATP melalui fosforilasi, dan berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi sel tumbuhan dari kerusakan akibat radikal bebas.

Klorofil a dan b memiliki beberapa perbedaan mendasar, secara struktur kimia, klorofil a memiliki gugus metil (CH_3) pada cincin porfirin, sementara klorofil b memiliki gugus aldehida (CHO). Klorofil a berwarna biru-hijau dan menyerap cahaya pada panjang gelombang 430 nm dan 660 nm, sedangkan klorofil b berwarna hijau-kuning dan menyerap cahaya pada 450 nm dan 640 nm. Dalam fotosintesis, klorofil a berperan sebagai pigmen utama dalam reaksi terang, sementara klorofil b berfungsi sebagai pigmen aksesori. Klorofil a ditemukan di semua tumbuhan fotosintetik, sedangkan klorofil b hanya ada pada tumbuhan tingkat tinggi.²⁶

²⁶ Pratama, A. J., & Laily, A. N. 2015. Analisis kandungan klorofil gandasuli (*Hedychium gardnerianum Shepard ex Ker-Gawl*) pada tiga daerah perkembangan daun yang berbeda. Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam, 216-219.

C. Klorofil

Klorofil merupakan pigmen hijau yang ditemukan pada kebanyakan tumbuhan, alga, dan juga cyanobacteria. Setiap jenis daun pada setiap tumbuhan memiliki kandungan klorofil yang berbeda. Klorofil sangat vital dalam proses fotosintesis. Pigmen berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Klorofil mempunyai rantai fitil ($C_{20}H_{39}O$) yang akan berubah menjadi fitol ($C_{20}H_{39}OH$) jika terkena air dengan katalisator klorofilase. Fitol adalah alkohol primer jenuh yang mempunyai daya afinitas yang kuat terhadap O_2 dalam proses reduksi klorofil.

Pada umumnya terdapat dua jenis klorofil pada tanaman tingkat tinggi yaitu klorofil a dan klorofil b.²⁷ Pigmen klorofil dapat menyerap lebih banyak cahaya berwarna biru (400-450 nm) dan merah (650-700 nm) dibandingkan hijau (500-600 nm). Tumbuhan dapat memperoleh kebutuhan energy dari spectrum merah dan biru yaitu antara 500-600 nm. Jadi warna hijau pada daun disebabkan karena klorofil menyerap cahaya merah dan biru dan meneruskan dan memantulkan cahaya hijau.

Kandungan klorofil pada daun bervariasi dari satu jenis tanaman dengan tanaman lainnya. Selain umur dan varietas daun, kandungan klorofil juga

²⁷ Nio Song Ai dan Yunia Banyo, "Konsentrasi Klorofil...", h. 167.

bervariasi dilihat dari posisi daun dalam satu tanaman.²⁸ Pada umumnya kadar klorofil pada Tumbuhan angkana berkisaran 1,6mg/l-21mg/l persentase rendah tingginya bisa berubah sesuai dengan ketersediaan klorofil pada tempatnya dikarenakan perbedaan daun yang mengalami klorosis dan nekrosis.²⁹Fotosintesis yang terjadi di daun membutuhkan dua bahan utama yaitu CO₂ dan H₂O. Reaksi utama fotosintesis terjadi di kloroplas dengan agen utamanya yakni klorofil. Pembentukan klorofil pada daun paling banyak dipengaruhi oleh cahaya matahari, namun umur daun juga mempengaruhi kadar klorofil yang terdapat pada suatu daun. Padahal pada awal perkembangan daun, aktivitas meristem daun menyebabkan terjadinya perpanjangan daun. Perpanjangan daun berikutnya terjadi sebagai akibat aktivitas meristem interkalar.³⁰berarti bagian pangkal daun seharusnya lebih tua dibanding ujung daun yang berakibat juga pada klorofil yang dikandungnya. Pada tumbuhan tingkat tinggi, klorofil a dan klorofil b merupakan pigmen utama fotosintetik, yang berperan menyerap cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau.³¹جامعة الرانيري

²⁸ Mustafa, N. N. Ya'acob., Z. A. Latif., and A. L. Yusof. 2015. Quantification of oil palm tree leaf pigment (Chlorophyll A) concentration Based on Their Age. *Jurnal Teknologi*. h 129-134.

²⁹ Ferdhiani, Anjar Astuti, dkk., "Aktivitas Enzim Peroksidase dan Kadar Klorofil pada Daun Angkana", *Jurnal Biosfera*, Vol. 32. No. 2 (2015), h. 126.

³⁰ Hidayat, E. B. 2008. *Anatomi Tumbuhan*. Penerbit ITB. Bandung, Indonesia

³¹ Salaki, M. 2000. *Biologi Sel. Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi Indonesia* Development Agency Simon Fraset University

D. Daun

Daun merupakan salah satu bagian penting dari tanaman daun memiliki proses fotosintesis yaitu pembentukan makanan (karbohidrat/gula) dari CO₂ dengan energi matahari, makanan ini dibutuhkan tanaman ini untuk pertumbuhannya.³² proses ini juga menghasilkan gas O₂, yang berguna bagi makhluk hidup lainnya. Fungsi lain dari daun adalah melakukan transpirasi, yaitu proses penguapan air melalui mulut daun (stomata) yang selanjutnya akan memfasilitasi proses penyerapan air dan hara dari tanah selain itu daun memiliki banyak klorofil.³³

Morfologi Daun Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Tanaman angšana termasuk famili Fabaceae dan merupakan jenis tanaman pohon tinggi. Ketinggiannya bisa mencapai 30 sampai 40 m. Diameter batang 2 m. Ujung ranting tanaman ini berambut. Daunnya majemuk dan menyirip ganjil. Daun penumpu berseling. Anak daun berjumlah 5-13. Daun berbentuk bulat telur dan memanjang. Ujung daun meruncing, tumpul dan mengkilap. Pertulangan daun menyirip dan pola tulang tersier menjala. Bunga berkelamin ganda, berwarna kuning cerah dan baunya sangat harum. Daun penumpu berbentuk lanset, panjang 1-2 cm. Daun berseling. Anakan daun 5-13, berbentuk bulat telur, memanjang, meruncing,

³² Miftahul Zakiyah, dkk., "Kandungan Klorofil Daun pada Empat Jenis Pohon di Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura", Jurnal Hutan Lestari, Vol. 6, No. 1 (2018), h. 49.

³³ 21 Nio Song Ai dan Yunia Banyo, "Konsentrasi Klorofil...", h. 167.

mengkilat. Tandan bunga di bagian ujung dan duduk di ketiak, sedikit atau tidak bercabang, berambut coklat, berbunga banyak dan panjang berukuran 7-11 cm; anak tangkai 0,5-1,5 cm.³⁴

Tingkat ketuaan daun dapat dikelompokkan berdasarkan posisi daun pada batang yaitu daun ketiga dari pucuk (umur fisiologis daun muda), daun keenam dari pucuk (umur fisiologis daun sedang) dan daun kedelapan dari pucuk (umur fisiologis daun tua). Daun tenggulun memiliki tingkatan ketuaan daun tertentu. Bagian pucuk sampai 2 daun dibawahnya adalah daun sangat muda (berwarna merah muda), daun pada posisi 3 sampai 5 dari pucuk adalah daun muda (berwarna hijau muda), serta daun pada ruas dibawahnya adalah daun agak tua (berwarna hijau) dan sangat tua (berwarna hijau tua). Perbedaan tingkat ketuaan daun berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar serat kasar, total fenol, total flavonoid, kadar tanin, aktivitas antioksidan, warna dan karakteristik sensori yang meliputi warna dan penerimaan keseluruhan.

³⁴ Tjitrosoepomo, G., 2010. Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta). Gajah Mada University Press, Yogyakarta, h 251 – 253.

E. Bioindikator

Bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang saling berhubungan, dimana keberadaan atau perilaku yang sangat berhubungan dengan kondisi lingkungan tertentu sehingga dapat digunakan sebagai suatu petunjuk atau uji kuantitatif Bioindikator pencemaran udara salah satunya adalah Tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Tumbuhan angkana sebagai salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian daun.³⁵ Proses pengukuran kadar klorofil tumbuhan di lakukan dengan metode spektrofotometri dengan menggunakan alat spektrofotometer.

Respon tumbuhan terhadap pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing didalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Pencemaran udara bersumber dari faktor internal (alamiah) dan eksternal (manusia). Macam-macam polutan pencemar udara antara lain SO₂, NO_x, O₃, Pb, HF, dan Partikulat, Respon Tumbuhan Secara Makrokopis diantaranya kerusakan daun, gangguan perkecambahan.

Morfologi (pertumbuhan). Respon Tumbuhan Secara Mikroskopis diantaranya penurunan kadar klorofil, perubahan biokimia dan fisiologi, kerusakan

³⁵ Dian rizkiaditama, dkk, “analisis kadar klorofil pada tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan ngoro industry persada (NIP) ngoro Mojokerto sebagai sumber belajar biologi”, *jurnal prosiding seminar nasional 3*, (2017), h.288

stomata, penurunan kandungan lemak dan gula, penurunan laju fiksasi CO₂. Salah satu alasan tumbuhan bisa dijadikan bioindicator karena memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Mudah diidentifikasi di lapangan
2. Terdistribusi secara luas dalam jangkauan geografis emisi yang diprediksi
3. Mudah diukur dan menggambarkan tanggapan terhadap kondisi lingkungan dalam ekosistem
4. Mudah dalam pengambilan dan ketersediaan sampel selama berulang kali sepanjang tahun, untuk menangkap variabilitas temporal
5. Memiliki respon yang berbeda yang mampu memprediksi bagaimana spesies atau ekosistem akan merespon stress
6. Mengukur respon dengan akurasi yang dapat diterima dan presisi

Didasarkan pada pengetahuan dari bahan pencemar dan karakteristiknya.³⁶

Salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindicator. Di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh banyak di tanami pohon peneduh jalan, salah satunya tumbuhan angkana (*Pterocarpus indicus willd L.*). Tumbuhan angkana sebagai salah satu pohon yang memiliki kepekaan terhadap pencemaran udara terutama di bagian organ daun, Adapun daun yang dijadikan bioindicator untuk mengetahui pencemaran udara

³⁶ Pohan, Nurhasmawaty. Pencemaran udara dan hujan asam. USU Digital Library, 2002, h.1-

sebagai berikut: Daun tua, Daun muda, Daun muda yang mengalami klorosis dan nekrosis dan Daun tua yang telah mengalami klorosis dan nekrosis.

F. Kawasan Kota Banda Aceh

Kawasan Kota Banda Aceh merupakan Kawasan yang memiliki kelimpahan tumbuhan angsa yang berada di pinggiran jalan dan di taman-taman seperti Taman sari bustanus salatin terletak di kampung baru, kecamatan Baiturahman, Kota Banda Aceh, selain itu jalan-jalan seperti jalan Medan-Banda Aceh dan jalan bandara sultan Iskandar muda menjadi jalan yang dilalui masyarakat. Berikut stasiun dalam penelitian ini:

1. Kawasan taman sari bustanus salatin, faktor yang mempengaruhi terletak di sekitaran kota.
2. Jalan medan banda aceh kampung Lampreh Lamteungoh, Kecamatan. Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, faktor yang mempengaruhi yaitu memiliki jalan yang sangat aktif dilalui oleh transportasi.
3. Jalan bandara sultan Iskandar muda Kampung. Blang, Kecamatan. Blang Bintang, faktor yang mempengaruhi terletak di tengahsawah

G. Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan

Ekologi dan Problematika lingkungan hidup merupakan Mata Kuliah yang membahas mengenai Konsep dasar ilmu lingkungan, sejarah dan azas-azas lingkungan, landasan hukum lingkungan, konsep-konsep sumber daya alam, masalah kependudukan dan hubungannya dengan masalah lingkungan, pembangunan berkelanjutan, macam-macam masalah lingkungan, dampak dan cara

penanggulangannya, konsep pengelolaan limbah, aplikasi pengelolaan limbah sederhana, etika lingkungan dan nilai-nilai islami.

Mata kuliah ini ditempuh dengan metode penugasan, diskusi, presentasi dan penyelesaian proyek sederhana. Penguasaan materi dan aplikasinya dijamin dengan presentasi, Mahasiswa mampu menguasai secara teoritis konsep-konsep Ekologi dan permasalahan lingkungan, penyebabnya, dampak dan cara penanggulangannya secara menyeluruh. Adapun kemampuan akhir yang diharapkan dari materi perkuliahan Masalah lingkungan di udara, penyebab, dampak dan cara penanggulangannya yaitu: Mahasiswa mampu menjelaskan dampak dari masalah lingkungan di tanah, air dan udara serta mahasiswa mampu menjelaskan cara penanggulangan masalah lingkungan.³⁷

H. Uji Kelayakan Buku ajar

Uji kelayakan yang dilakukan oleh ahli media bertujuan untuk memperoleh hasil serta saran dan komentar dari validator ahli agar media pembelajaran yang dikembangkan menjadi produk yang berkualitas dan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Uji kelayakan buku ajar pada materi Masalah lingkungan di Udara penyebab dampak dan cara penanggulangannya oleh ahli media dilakukan untuk menguji kelayakan media pembelajaran yang telah dibuat. Validator ahli media

³⁷Rps mata kuliah dan problematika lingkungan

merupakan Dosen ahli bidang media pembelajaran dari Program Studi Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry. Aspek penilaian yang digunakan untuk validasi oleh Validasi kelayakan buku ajar melibatkan sejumlah aspek yang perlu dinilai untuk memastikan bahwa buku ajar tersebut memenuhi standar yang ditetapkan. Berikut adalah beberapa aspek penilaian yang umumnya digunakan untuk validasi kelayakan buku ajar:

1. Ketepatan Isi (*Content Accuracy*):

Informasi yang disajikan dalam buku ajar sudah akurat, mutakhir, dan didukung oleh sumber yang dapat dipercaya. Informasi yang salah atau tidak terverifikasi dapat merusak kredibilitas buku ajar.

2. Kesesuaian dengan Tujuan:

Buku ajar sesuai dengan tujuan pembuatannya. Buku ajar harus fokus pada topik atau subjek yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. Kelengkapan Informasi:

Informasi yang diperlukan tercakup dalam buku ajar. Jangan ada informasi yang penting yang terlewat.

4. Struktur dan Tata Letak:

Penilaian juga meliputi tata letak halaman, penggunaan judul, subjudul, poin-poin penting, dan grafik jika diperlukan. Tata letak yang baik akan memudahkan pembaca dalam memahami isi buku ajar.

5. Kesesuaian Gaya Bahasa:

Gaya bahasa dan penggunaan terminologi sesuai dengan target audiens. Jika buku ajar ditujukan untuk kalangan profesional, gaya bahasa mungkin lebih teknis dibandingkan jika ditujukan untuk umum.

6. Kelengkapan Referensi:

Buku ajar mengutip atau merujuk pada sumber lain, referensinya lengkap dan akurat sesuai dengan pedoman kutipan yang diterima.

7. Kejelasan dan Keterbacaan:

Bahasa yang digunakan harus jelas dan mudah dipahami. Hindari penggunaan frasa atau kalimat yang ambigu atau rumit.

8. Kredibilitas Penulis/Editor:

Buku ajar ditulis oleh individu atau tim tertentu, memiliki kredibilitas dan keahlian dalam subjek yang dibahas.

9. Relevansi Informasi:

Informasi yang disajikan masih relevan dengan perkembangan terkini.

Buku ajar yang sudah usang atau tidak mengikuti perkembangan baru bisa kehilangan nilai.

10. Kesesuaian Visual:

Buku ajar menggunakan ilustrasi, grafik, atau gambar, elemen-elemen visual tersebut mendukung pemahaman isi buku ajar dan tidak menimbulkan kebingungan.

11. Ketersediaan Sumber Daya:

Buku ajar dapat diakses dengan akses mudah sesuai dengan rencana distribusi yang telah ditetapkan.

12. Umpan Balik dari Ahli:

Buku ajar mendapatkan umpan balik dari ahli dalam bidang terkait sebelum dipublikasikan secara resmi.

13. Umpan Balik dari Pengguna Potensial:

Buku ajar terlebih dahulu melalui pengujian terbatas dengan sekelompok pengguna potensial untuk mengidentifikasi masalah atau kekurangan yang mungkin tidak terdeteksi sebelumnya.

14. Kesesuaian Hukum dan Etika:

buku ajar tidak melanggar hak cipta, etika, atau hukum terkait lainnya.

15. *Usability* (Kemudahan Penggunaan):

Buku ajar mudah digunakan dan diakses oleh target audiens. Ini termasuk pertimbangan dalam hal ukuran, bentuk, dan jenis kertas, serta kenyamanan dalam membawa dan mengakses buku ajar. Penting untuk mencatat bahwa aspek-aspek di atas dapat bervariasi tergantung pada konteks dan tujuan buku ajar. Sebelum melakukan validasi kelayakan, penting untuk memiliki panduan atau pedoman yang jelas tentang apa yang diharapkan dari buku ajar tersebut.³⁸

³⁸ Sulistyani, D.H.N., Jamzuri, Rahardjo, T.D. (2013). Perbedaan Hasil Belajar Siswa Antara Menggunakan Media Pocket Book dan Tanpa Media Pocket Book pada Materi Kinematika Gerak Melingkar Kelas X. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. Vol. 1 (1) h 164-172.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif, penelitian deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, dan kejadian yang terjadi atau fenomena. Pendekatan kuantitatif bertujuan untuk menjelaskan angka-angka data analisis menggunakan statistik. Penelitian ini akan mendeskripsikan tentang kadar klorofil, klorosis dan nekrosis pada tumbuhan angsa serta hubungannya terhadap polutan yang terdapat di seputaran Kawasan Kota Banda Aceh, kemudian data yang diperoleh akan dianalisis untuk dilanjutkan sebagai sumber belajar Biologi berupa buku ajar pada materi masalah lingkungan udara dalam matakuliah ekologi dan problematika lingkungan.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif eksperimental dengan menggunakan teknik *Purposive Sampling* untuk pengambilan sampel dan metode Spektrofotometri untuk analisis data. *Purposive Sampling* diterapkan dalam pemilihan sampel berdasarkan kriteria daun tua dan muda yang terdapat pada stasiun 1, 2 dan 3 yang telah mengalami klorosis dan nekrosis dengan tujuan melihat terdapat perbedaan kadar klorofil disetiap stasiun, sampel yang terpilih melalui *Purposive Sampling* kemudian dipreparasi sesuai dengan prosedur penelitian untuk analisis spektrofotometri.

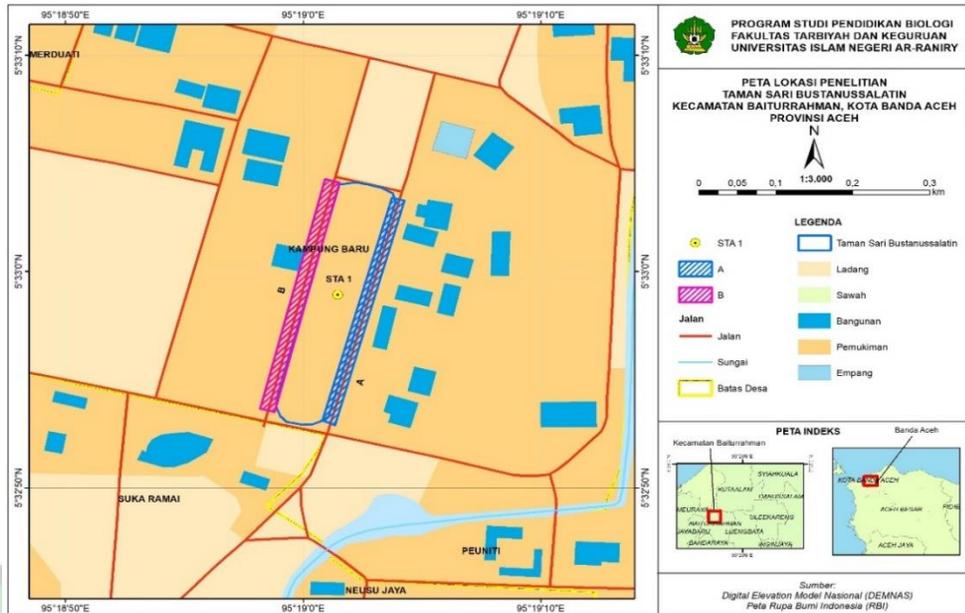
Pengukuran absorbansi atau transmitansi sampel dilakukan pada panjang gelombang yang telah 663nm dan 645nm. Analisis data spektrofotometri dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sampel dengan kurva kalibrasi yang telah dibuat sebelumnya. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik untuk menguji hipotesis penelitian dan menarik kesimpulan.³⁹ Uji kandungan klorofil menggunakan metode tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan teknik *Purposive Sampling* yaitu teknik penentuan sampel yang didasarkan pada tujuan tertentu.⁴⁰

B. Waktu dan Tempat penelitian

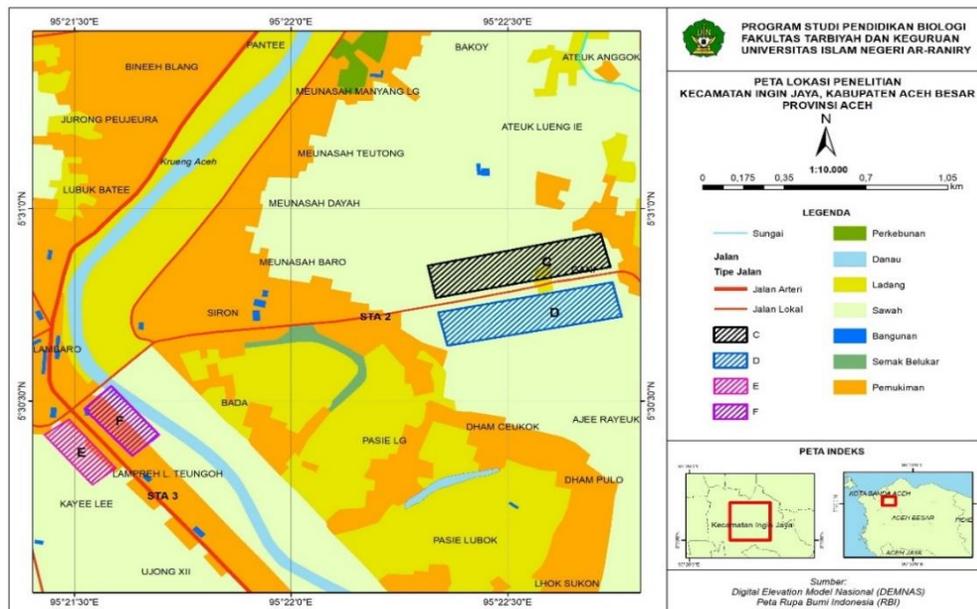
Penelitian ini akan dilaksanakan pada Taman Sari bustanus salatin, jalan medan banda aceh kampong Lampreh Lamteungoh, Kecamatan, Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar dan Jalan bandara sultan Iskandar muda Kampong. Blang, Kecamatan. Blang Bintang. Uji kandungan klorofil dilakukan di laboratorium Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada bulan september tanggal 10. Berikut merupakan peta lokasi penelitian di seputaran kawasan Kota Banda Aceh.

³⁹ Etty Triyati, “Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi”, Jurnal Oseana, Vol. 10, No. 1 (1985), h. 40.

⁴⁰ Mikha Agus Widiyanto, Statistika Terapan: Konsep dan Aplikasi SPSS dalam Penelitian Bidang Pendidikan, Psikologi & Ilmu Sosial Lainnya, (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013), h. 117



Gambar 2.1 Peta Taman sari bustanus salatin (Stasiun 1 A.B)



Gambar 2.2 Peta Jalan medan banda aceh dan Jalan bandara sultan Iskandar muda (Stasiun 2 E.F dan Staiun 3 C.D)

C. Populasi dan Sampel

a. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh tumbuhan yang berada di Taman Sari bustanus salatin dan seputaran Kota Banda Aceh dan dosen validator untuk uji kelayakan media. Berikut stasiun-stasiun dalam penelitian ini:

1. Kawasan taman sari bustanus salatin.
2. Jalan medan banda aceh kampong Lampreh Lamteungoh, Kecamatan, Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, Aceh
3. Jalan bandara sultan Iskandar muda Kampong. Blang, Kecamatan. Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Aceh
4. Dosen validator media dan materi.

b. Sampel pada penelitian ini adalah tumbuhan *Angsana (IPterocarpus indicus willd L.)* di stasiun-stasiun di seputaran Kawasan Kota Banda Aceh dan *Out put* penelitian. Berikut sampel dalam penelitian ini:

1. Kawasan taman sari bustanus salatin faktor yang mempengaruhi terletak di sekitaran kota.
2. Jalan medan banda aceh kampong Lampreh Lamteungoh, Kecamatan. Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, faktor yang mempengaruhi yaitu memiliki jalan yang sangat aktif dilalui oleh transportasi.
3. Jalan bandara sultan Iskandar muda Kampong. Blang, Kecamatan. Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, faktor yang mempengaruhi terletak di tengah sawah.

4. Buku ajar

D. Alat dan bahan

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

Tabel 2.1 Alat yang digunakan dan fungsinya

No	Nama Alat	Fungsi
1	Spektrofotometer	Untuk mengukur kandungan klorofil
2	Kuvet	Untuk memasukkan larutan sampel ke dalam
3	Gelas ukur	Untuk menampung aquadest dan alkohol
4	Gelas beaker	Untuk menampung ekstrak klorofil yang sudah disaring
5	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengamatan
6	Kamera	Untuk mendokumentasikan penelitian
7	Mortar	Untuk penggerus sampel
8	Corong gelas	Untuk memudahkan saat memasukkan larutan
9	Erlenmeyer 100 ml	Untuk menyimpan ekstrak klorofil sebelum diuji
10	Timbangan digital	Untuk menimbang sampel yang akan digunakan dengan tingkat ketelitian tinggi
11	GPS	Untuk menentukan koordinat lokasi penelitian
12	Termometer tanah	Untuk mengukur suhu tanah
13	Higrometer	Untuk mengukur suhu udara dan kelembaban udara
14	Soil Tester	Untuk mengukur kelembaban tanah dan pH tanah
15	Luxmeter	Untuk mengukur intensitas cahaya

Tabel 2.2 Bahan yang digunakan dan fungsinya

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Daun tumbuhan angsana(<i>Pterocarpus indicus</i> <i>willd L.</i>)	Sebagai sampel yang diukur kandungan klorofilnya
2	Alkohol 70%	Sebagai zat pelarut
3	Aquadest	Untuk mempermudah sampel saat digerus
4	Aluminium foil	Untuk menutup sampel ekstrak klorofi
5	Plastik sampel	Untuk tempat menyimpan sampel
6	Kertas saring	Untuk menyaring sampel
7	Kertas label	Untuk penanda sampel
8	Tisu	Untuk membersihkan daun

E. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar lebih mudah dan hasilnya lebih baik dalam arti lebih cepat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah.⁴¹ Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabel pengamatan. Terdapat delapan pengamatan dalam penelitian ini:

1. Tabel pengamatan lampiran 5 bertujuan untuk mengamati Panjang gelombang 645nm.
2. Tabel pengamatan lampiran 6 bertujuan untuk mengamati Panjang gelombang 663nm.

⁴¹ Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2010), h. 136

3. Tabel pengamatan lampiran 7 bertujuan untuk mengetahui faktor fisik bertujuan untuk mengetahui faktor fisik apa saja yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.
4. Tabel pengamatan lampiran 8 untuk pengujian kadar klorofil a, b dan total menggunakan rumus klorofil a, b dan total.
5. Tabel pengamatan lampiran 10 untuk mengetahui data mentah klorofil a yang digunakan dalam aplikasi spss.
6. Tabel pengamatan lampiran 12 untuk mengetahui data mentah klorofil b yang digunakan dalam aplikasi spss.
7. Tabel pengamatan lampiran 14 untuk mengetahui data mentah klorofil total yang digunakan dalam aplikasi spss.
8. Tabel kuisisioner lampiran 16 untuk mengetahui berapa persen kelayakan buku ajar yang di validasi oleh validator media dan materi.

F. Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) dan perbedaan kadar klorofil pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus willd*

L.) yang mengalami klorosis dan nekrosis. Sedangkan produk hasil dari uji kelayakan yaitu buku ajar.

G. Prosedur Penelitian

1. Survey pendahuluan.

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini adalah studi awal atau observasi lapangan. Tahap ini dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya sampel yang akan diteliti.

2. Persiapan (alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian)

Tahap kedua dalam melakukan penelitian ini adalah persiapan alat dan bahan guna mendukung proses penelitian.

3. Penentuan titik pengambilan sampel

Tahap ketiga dalam melakukan penelitian ini adalah penentuan titik pengambilan sampel. Penentuan titik pengambilan sampel tumbuhan *Angsana* (*Ipterocarpus indicus willd L.*) menggunakan teknik purposive sampling. Teknik purposive sampling adalah teknik penentuan sampel yang didasarkan

pada tujuan tertentu.⁴² Tumbuhan Angsana (*Ipterocarpus indicus willd L.*) yang diambil adalah angsana yang terdapat di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh.

4. Pengukuran faktor fisik

Fisik dan kimia di setiap lokasi pengambilan sampel Pengukuran faktor fisik dan kimia dilakukan saat proses pengambilan sampel. Faktor fisik yang diukur adalah suhu udara, suhu tanah, kelembaban udara, kelembaban tanah dan intensitas cahaya sedangkan faktor kimia yang diamati adalah pH tanah.

Pelaksanaan pengukuran kandungan klorofil menggunakan Spektrofotometer:

- a. Diambil daun yang telah mengalami korosis dan nekrosis di setiap stasiun terdapat 3 pohon, dan setiap pohon sampel 2 sampel dan dibedakan antara tua dan muda.
- b. Ditimbang masing-masing sampel dengan berat 1 gram.
- c. Dipotong kecil-kecil daun tersebut.
- d. Diekstrak sampel dengan Alkohol 70% sebanyak 100 ml dengan cara digerus di dalam penumbuk mortar sampai klorofil larut.

⁴² Mikha Agus Widiyanto, Statistika Terapan: Konsep..., h. 117.

- e. Disaring ekstrak klorofil dengan kertas saring, lalu ekstrak dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan disegel dengan aluminium foil.
- f. Ekstrak dimasukkan ke dalam kuvet kemudian ditempatkan pada spektrofotometer, kemudian diukur absorbansi atau Optical Density (OD) larutan tersebut pada panjang gelombang 645 dan 663 nm dan dilakukan 1 kali pengulangan.

5. Pengambilan sampel

Sampel tumbuhan *Angsana (Ipterocarpus indicus willd L.)*. Setiap tumbuhan diambil dua helai daun di batang yang berbeda sebagai ulangan. Daun yang diambil adalah urutan ketiga dari pucuk dan tidak ternaung, pengambilan sampel daun terbagi menjadi 4 yaitu:

1. Daun tua
2. Daun muda
3. Daun muda yang mengalami klorosis dan nekrosis.
4. Daun yang telah mengalami klorosis dan nekrosis.

Daun dipetik dan dimasukkan ke dalam plastik sampel kemudian diberi label lalu ditutup rapat. Sampel dibawa ke laboratorium Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry.

6. Uji kelayakan

Uji kelayakan buku ajar pada materi pencemaran udara dilakukan oleh ahli media untuk menguji kelayakan media pembelajaran yang telah dibuat. Validator ahli media merupakan Dosen ahli bidang media pembelajaran dari Program Studi Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry. Aspek penilaian yang digunakan untuk validasi oleh validasi ahli media terdiri dari aspek kegunaan, kualitas teks, kualitas gambar, kualitas warna, kualitas desain, serta penggunaan bahasa. Setelah media buku ajar melalui uji kelayakan dan dinyatakan layak maka dapat di gunakan dan di implementasikan di kelas.

H. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dengan menampilkan data secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengukur kandungan klorofil tumbuhan Angsana (*Ipterocarpus indicus willd L.*). Untuk mengukur kandungan klorofil Angsana (*Ipterocarpus indicus willd L.*). digunakan rumus menghitung kandungan klorofil, Klorofil a = $(13,7 \times OD\ 663) - (5,76 \times OD$

645) Klorofil b = (25,8 x OD 645) – (7,7 x OD 663) Klorofil total = (20,0 x OD 645) + (0,1 x OD 663) Keterangan: OD = Optical Density. ⁴³

Setelah data dikumpulkan data akan analisis menggunakan program SPSS dengan langkah-langkah melakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah varian datanya bersifat normal, setelah data normal dilakukan uji homogenitas untuk mengetahui apakah varian datanya bersifat homogen.

Setelah data kandungan klorofil didapatkan kemudian diolah menggunakan uji *One Way* ANAVA. Uji *One Way* ANAVA adalah uji statistik yang digunakan untuk membandingkan lebih dari dua rata-rata.⁴⁴ Sesuai dengan penelitian ini maka dilakukan uji *One Way* ANAVA untuk melihat perbedaan rata-rata kandungan klorofil pada dua kelompok atau lebih daerah dengan cara membandingkan variansinya. Uji *One Way* ANAVA dilakukan dengan bantuan program komputer *SPSS 25*.

Pengujian hipotesis dilakukan pada taraf signifikan 5% atau (α 0,05). Untuk menerima atau menolak hipotesis dilakukan dengan ketentuan Nilai $F_{hitung} > F_{Tabel}$, Maka terdapat perbedaan jumlah kandungan klorofil tumbuhan angkana berdasarkan faktor fisik dan kimia di kawasan taman sari dengan

⁴³ Ika Susanti Hendriyani dan Nintya Setiari, “Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda”, *Jurnal Sains dan Mat*, Vol. 17, No. 3 (2009), h. 149

⁴⁴ Yulingga Nanda Hanief dan Wasis Himawanto, *Statistik Pendidikan*, (Yogyakarta: Deepublish, 2017), h. 118.

kawasan Bandara dan kawasan Lambaro, maka hipotesis H_a diterima. Sebaliknya jika Nilai $F_{hitung} < F_{Tabel}$ maka kandungan klorofil tidak terdapat perbedaan jumlah kandungan klorofil tumbuhan Angsana berdasarkan faktor fisik dan kimia di kawasan kawasan taman sari dengan jalan medan banda aceh dan jalan sultan Iskandar muda, maka hipotesis H_a ditolak.

Analisis faktor fisik dan kimia dilakukan secara deskriptif dengan mengacu kepada sumber referensi tertentu. Berdasarkan referensi tersebut dikaitkan dengan hasil pengambilan data faktor fisik dan kimia di Kawasan kawasan taman sari dengan kawasan jalan medan banda aceh dan jalan sultan Iskandar muda, dari hal tersebut akan dikaitkan dengan kandungan klorofil tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus wild L*). Faktor fisik dan kimia yang diukur adalah suhu, udara,suhu tanah, kelembaban udara, kelembaban tanah,intensitas cahaya dan PH tanah. Setelah didapatkan hasil setiap stasiun akan dilakukan uji kelayakan.

I. Uji kelayakan Buku ajar

Uji kelayakan dilakukan dengan salah satu dosen ahli media dan materi pembelajaran dengan menggunakan lembar validasi buku ajar. Adapun kriteria penilaian validasi buku ajar dapat dilihat pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Uji kelayakan Buku ajar

Penilaian	Skor
Sangat baik	5
baik	4
cukup	3
Kurang baik	2
Tidak baik	1

Rumus uji kelayakan terhadap media buku ajar adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum \text{skor perolehan}}{\sum \text{skor total}} \times 100\%$$

Keterangan:

P=Tingkat Kebersihan

Kategori kelayakan media pendukung pembelajaran

0-20% = sangat tidak layak

21-40% = tidak layak

41-60% = cukup layak

61-80% = layak

81-100%= sangat layak⁴⁵

J. Range rata-rata kadar klorofil

Rangen Rata-rata kadar klorofil pada pohon angsana (*Pterocarpus indicus wild L*) bertujuan untuk mengelompokkan kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total, Rangen Rata-rata kadar klorofil pada pohon angsana (*Pterocarpus indicus wild L*) Normalnya berkisaran 1,6mg/l -21mg/l berikut persentasenya:

< 1,6mg/l = Sangat rendah

⁴⁵ Lis ernawati Dan Totok Sukardiyono, "Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pembelajaran Administrasi Server", *Jurnal Eline*, Vol 2, No2 2017, h 207

1,6mg/l=Rendah

1.6mg/l-21mg/l =Normal



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil pengamatan terhadap analisis kadar klorofil pada tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus wild.L*) mulai tanggal 10 September s/d 11 September 2023 menunjukkan bahwa adanya perbedaan jumlah kadar klorofil pada daun tersebut.

1. Jumlah rata-rata kadar klorofil tumbuhan Angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh.

Pengamatan terhadap kadar klorofil pada tumbuhan Angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di seputaran Kawasan Kota Banda Aceh dilakukan dengan parameter kandungan klorofil, yaitu klorofil a, klorofil b, dan klorofil total.

a. Data Kandungan Klorofil a

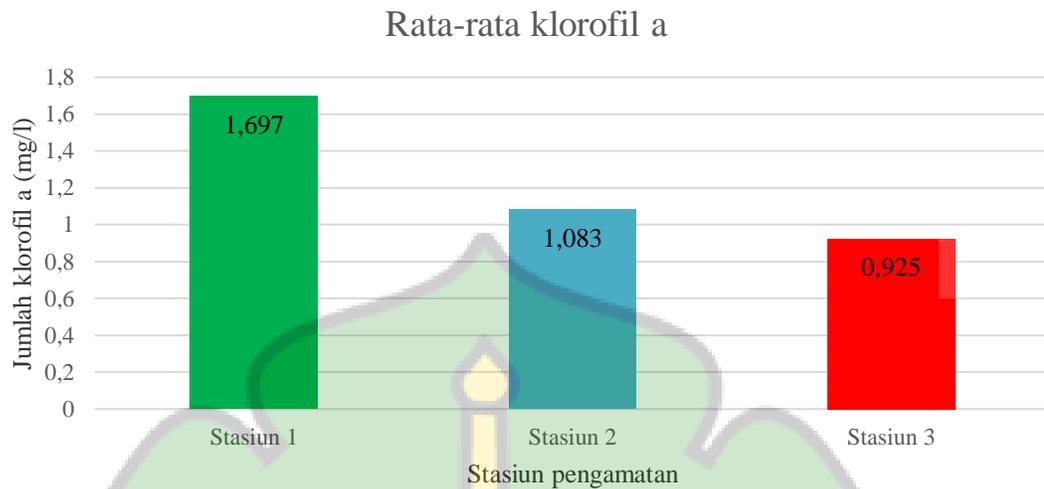
Tumbuhan angšana yang dijadikan sampel terdiri dari 3 individu yang tumbuh di kawasan yang sama, diambil 3-4 helai daun dari individu tumbuhan angšana yang telah mengalami korosis dan nekrosis, setiap individu terdapat 2 sampel dan dibedakan antara daun tua dan daun muda. Daun yang diambil adalah urutan ketiga dari pucuk dan tidak ternaung. Data kandungan klorofil a pada daun tumbuhan Angšana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

Tabel 4.1 Kandungan klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Kawasan seputaran Kota Banda Aceh.

Stasiun Pengamatan	Kandungan Klorofil a (Mg/L)						Jumlah (Mg/L)	Rata- Rata(Mg/L)
	Pohon 1		Pohon 2		Pohon 3			
	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn		
Stasiun 1	1,705	1,705	1,705	1,704	1,704	1,657	11,884	1,697
Stasiun 2	1,106	1,106	1,105	1,061	1,061	1,061	6,500	1,083
Stasiun 3	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,924	5,550	0,925

Keterangan : Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
 Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
 Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan kadar Klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Kawasan seputaran Kota Banda Aceh memiliki jumlah rata-rata Klorofil a tertinggi terdapat pada tumbuhan angsana di Stasiun 1 di daun tua dan muda di pohon 1 dan 2 dengan nilai 1,705 mg/l. Sedangkan kandungan Klorofil a yang sedang terdapat pada stasiun 2 di daun tua, pohon 2 dengan nilai 1,105 mg/l dan kadar Klorofil tertendah terdapat pada daun tumbuhan Angsana di Stasiun 3 daun muda pohon 3 yaitu 0,924 mg/l. data jumlah rata-rata di tiga kawasan tersebut di tunjukkan dalam bentuk grafik berikut pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rata-rata Klorofil a Angsana (*Pterocarpus indicus wild.L*) di seputaran kawasan Kota Banda Aceh.

Berdasarkan gambar 3.1 menunjukkan kadar Klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L*) di Kawasan seputaran Kota Banda Aceh memiliki jumlah rata-rata Klorofil a tertinggi terdapat pada tumbuhan angšana di Stasiun 1 dengan nilai 1,697 mg/l Sedangkan kandungan Klorofil a tertendah terdapat pada daun tumbuhan Angsana di Stasiun 3 yaitu 0,925 mg/l.

b. Data kandungan Klorofil b

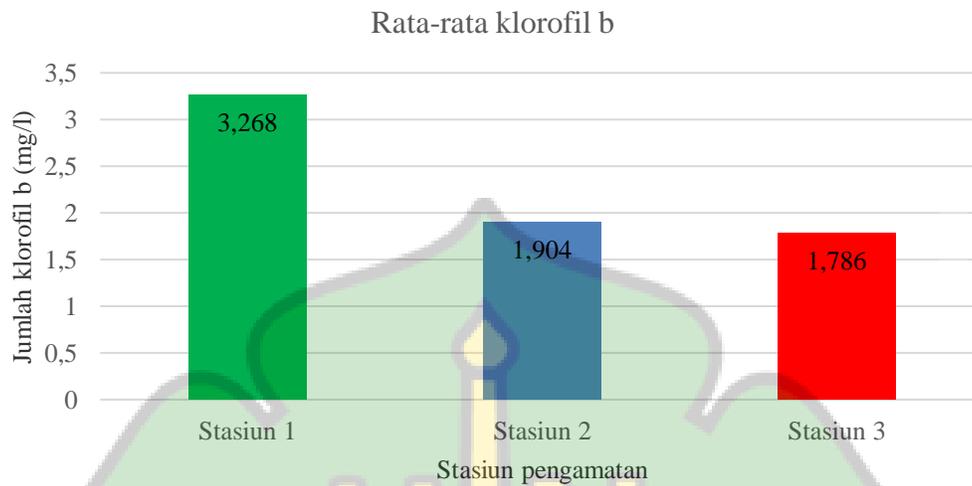
Untuk melihat kadar Klorofil b pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) Juga dilaksanakan dengan cara dan Teknik yang sama. Data kadar Klorofil b pada tumbuhan angana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dapat dilihat pada table 4.2.

Tabel 4.2 Kadar Klorofil b pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh.

Stasiun pengamatan	Kandungan Klorofil b (mg/l)						Jumlah (mg/l)	Rata-rata(mg/l)
	Pohon 1		Pohon 2		Pohon 3			
	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn		
Stasiun 1	3,284	3,284	3,283	3,283	3,282	3,191	19,606	3,268
Stasiun 2	1,949	1,949	1,948	1,860	1,860	1,860	11,426	1,904
Stasiun 3	1,787	1,787	1,787	1,786	1,785	1,784	10,716	1,786

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa jumlah rata-rata Klorofil b tertinggi terdapat pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 daun tua dan daun muda pohon 1 dengan nilai rata-rata 3,284 mg/l, sedangkan kandungan Klorofil b sedang terdapat pada stasiun 2 daun tua pohon 2 dengan nilai 1,948 mg/l dan kadar Klorofil terendah terdapat pada daun tumbuhan angsana di Stasiun 3 daun muda pohon 3 dengan nilai yaitu 1,786 mg/l. Data jumlah rata-rata Klorofil b di tiga kawasan tersebut di tunjukkan dalam grafik pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik jumlah rata-rata kadar Klorofil b pada daun tumbuhan Angasana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan Kota Banda Aceh.

Berdasarkan gambar 3.2 diketahui bahwa jumlah rata-rata Klorofil b tertinggi terdapat pada daun tumbuhan Angasana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 dengan nilai rata-rata 3,268 mg/l, sedangkan kandungan Klorofil b terendah terdapat pada daun tumbuhan angasana di Stasiun 3 yaitu 1,786mg/l.

c. Data kadar Klorofil total

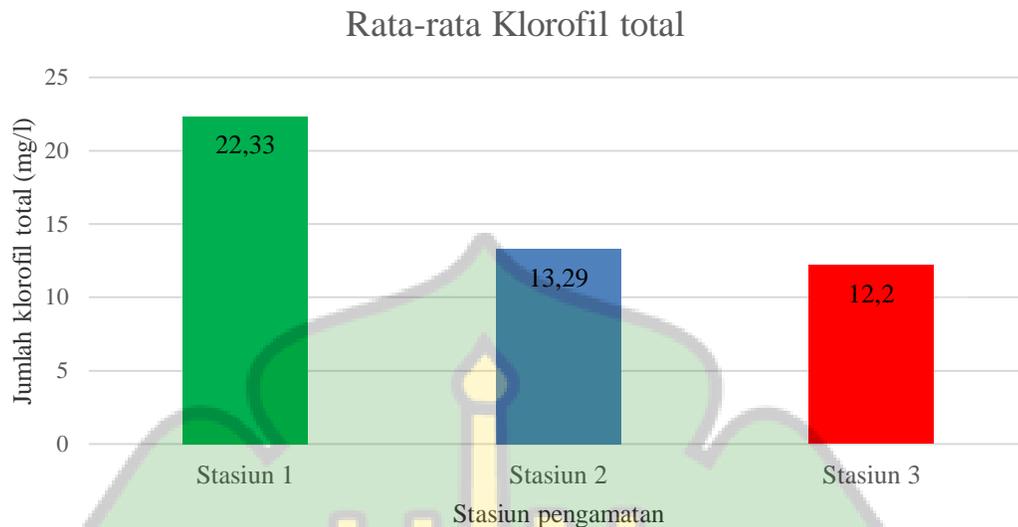
Untuk melihat kadar Klorofil total daun Angasana (*Pterocarpus indicus wild L.*) juga dilaksanakan dengan cara dan Teknik yang sama. Data kadar Klorofil total pada daun tumbuhan Angasana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kadar Klorofil total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh.

Stasiun pengamatan	Kandungan Klorofil b (mg/l)						Jumlah(mg/l)	Rata-rata(mg/l)
	Pohon 1		Pohon 2		Pohon 3			
	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn		
Stasiun 1	3,740	3,740	3,739	3,739	3,738	3,634	22,33	3,721
Stasiun 2	2,266	2,266	2,265	2,165	2,165	2,165	13,29	2,215
Stasiun 3	2,034	2,034	2,034	2,033	2,032	2,031	12,20	2,033

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa jumlah rata-rata Klorofil total tertinggi terdapat pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 daun tua dan muda pohon 1 dengan nilai 3,740 mg/l, sedangkan kadar Klorofil total sedang terdapat pada stasiun 2 daun tua pohon 2 dengan nilai 2,265 mg/l, Kadar Klorofil terendah terdapat di tumbuhan angšana di Stasiun 3 daun muda pohon 3 dengan nilai yaitu 2,031 mg/l. Data jumlah rata-rata Klorofil total total di tiga kawasan tersebut di tunjukkan dalam bentuk grafik pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik jumlah rata-rata kandungan Klorofil total pada tumbuhan *Angsana* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh.

Berdasarkan gambar grafik 3.3 menunjukkan bahwa jumlah kandungan Klorofil total pada daun tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) Terbanyak terdapat Stasiun 1 dengan rata-rata 22,33mg/l sedangkan kadar Klorofil total terendah terdapat pada stasiun 3 dengan rata-rata 12,20 mg/l.

- d. Perbandingan jumlah rata-rata Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total pada tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh

Pengamatan terhadap jumlah rata-rata kandungan Klorofil a, b dan total pada tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dilakukan dengan parameter kandungan Klorofil, yaitu Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total. Data perbandingan jumlah rata-rata kadar Klorofil a,b dan total pada tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jumlah rata-rata kadar Klorofil a,b dan total tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh.

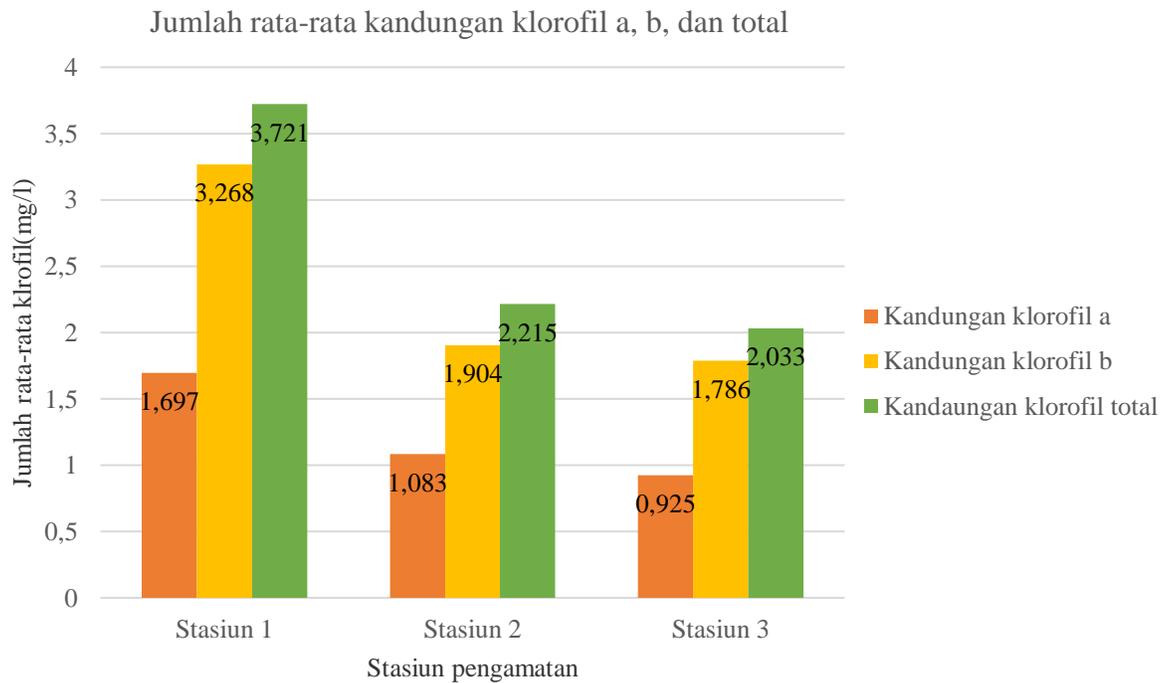
Klorofil	Kadar Klorofil a	Kadar Klorofil b	Kadar Klorofil total
Stasiun 1	1,697	3,268	3,721
Stasiun 2	1,083	1,904	2,215
Stasiun 3	0,925	1,786	2,033

Keterangan: Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Berdasarkan tabel 5.1 diatas menunjukkan bahwa perbandingan jumlah rata-rata kandungan Klorofil a,b dan total antara tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh memiliki jumlah yang berbeda. Jumlah rata-rata kadar Klorofil a pada Stasiun 1 1,697 mg/l sedangkan Stasiun 2 memiliki jumlah rata-rata kadar Klorofil a 1,083 mg/l dan Stasiun 3 0,925mg/l.

Jumlah rata-rata kadar Klorofil b pada tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di Stasiun 1 3,268 mg/l sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1,904 mg/l dan Stasiun 3 1,786mg/l. Jumlah rata-rata kadar Klorofil total pada tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di Stasiun 1 yaitu 3,721 mg/l sedangkan di Stasiun 2 2.215 mg/l dan di

Stasiun 3 yaitu 2,033 mg/l. jumlah rata-rata kadar Klorofil di tunjukkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik jumlah rata-rata kadar Klorofil a,b dan total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan bahwa keseluruhan jumlah rata-rata kadar Klorofil a,b dan total pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 lebih banyak dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan bahwa jumlah rata-rata kadar Klorofil a pada daun tumbuhan angšana di Stasiun 1 yaitu 1,697mg/l sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1.83 mg/l dan Stasiun 3 yaitu 0,925 mg/l.jumlah rata-rata Klorofil b pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 3,268 mg/l sedangkan di Stasiun 2 1,904mg/l

dan Stasiun 3 yaitu 1,786 jumlah rata-rata kadar Klorofil total daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan Stasiun 1 3,721 mg/l sedangkan di Stasiun 2 yaitu 2,215 mg/l dan di Stasiun 3 2,033 mg/l.

2. Perbedaan kadar Klorofil pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) yang mengalami klorosis dan nekrosis di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh berdasarkan uji spss 25

Untuk mengetahui perbedaan terhadap jumlah kandungan Klorofil pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) maka dilakukan uji Analisis Varians (*One-Way ANOVA*) yang menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf signifikan 0,05. Hal ini dapat dinyatakan bahwa terdapatnya perbedaan jumlah kandungan Klorofil pada daun tumbuhan angšana di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

- a. Uji Analisis Varians (*One-Way ANOVA*) terhadap Jumlah Kandungan Klorofil a pada Daun Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*). Di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh

Berdasarkan hasil uji *one way ANOVA* terhadap jumlah kandungan Klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. hal ini ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (3062,4) > F_{tabel} (3,68)$ (Lampiran 5 dan Lampiran 6) Maka terdapat perbedaan jumlah kandungan Klorofil a pada daun tumbuhan angšana di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh.

- b. Uji Analisis Varians (*One-Way ANOVA*) terhadap Jumlah Kandungan Klorofil b pada Daun Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*). Di kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

Berdasarkan hasil uji *one way* ANOVA terhadap jumlah kandungan Klorofil b pada tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus wild L*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Hal ini ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (3231,3) > F_{tabel} (3,68)$ (Lampiran 7 dan Lampiran 8). Maka terdapat perbedaan jumlah kandungan Klorofil a pada daun tumbuhan angšana di seputaran kawasan Kota Banda Aceh.

- c. Uji Analisis Varians (*One-Way* ANOVA) terhadap Jumlah Kandungan Klorofil total Daun Tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus wild L.*) Di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

Berdasarkan hasil uji *one way* ANOVA terhadap jumlah kandungan Klorofil total pada tumbuhan angšana (*Pterocarpus indicus wild L*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. hal ini ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (3163,8) > F_{tabel} (3,68)$ (Lampiran 9 dan Lampiran 10). Maka terdapat perbedaan jumlah kandungan Klorofil a pada daun tumbuhan Angšana di seputaran kawasan Kota Banda Aceh.

- d. Pengukuran faktor fisik dan kimia

Berdasarkan pengukuran parameter fisik dan kimia di kawasan seputaran Kota Banda Aceh didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 faktor fisik dan kimia di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

No.	Faktor Fisik dan Kimia	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1.	Suhu Udara	33,6°C	31,7°C	30,1°C
2.	Suhu Tanah	26,8	26,5	28,1
3.	Kelembaban Udara	45%	50%	56%
4.	Kelembaban Tanah	80%	30%	35%
5.	Intensitas Cahaya	799cd	776cd	646cd
6.	pH Tanah	6,2	6	6

Berdasarkan data 5.2 parameter fisika dan kimia di kawasan seputaran Kota Banda Aceh di peroleh hasil yang berbeda. Suhu udara di Stasiun 1 yaitu 33,6°C sedangkan di Stasiun 2 yaitu 30,1°C dan di kawasan lalmbaro 31,7°C Kelembaban udara di Stasiun 1 yaitu 45% sedangkan di Stasiun 2 yaitu 50% dan di Stasiun 3 yaitu 56%, kelembaban tanah di Stasiun 1 ya 80% sedangkan di Stasiun 2 30% dan di stasiun 3 yaitu 35%.

Perbedaan kelembaban tanah yang signifikan antara Stasiun 1 (80%) dengan Stasiun 2 (30%) dan Stasiun 3 (35%) dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Stasiun 1 kemungkinan memiliki karakteristik yang mendukung retensi air yang lebih baik, seperti tekstur tanah yang lebih halus, kandungan bahan organik yang tinggi, atau naungan vegetasi yang lebih rapat yang mengurangi penguapan. Faktor lain yang mungkin berpengaruh adalah topografi yang memungkinkan akumulasi air, kedekatan

dengan sumber air, atau perbedaan dalam tata guna lahan. Sebaliknya, Stasiun 2 dan stasiun 3 mungkin memiliki kondisi yang kurang mendukung retensi air, seperti tekstur tanah yang lebih kasar, vegetasi yang lebih jarang, atau faktor lingkungan lain yang meningkatkan laju penguapan. Perbedaan kelembaban tanah ini dapat mempengaruhi pertumbuhan dan distribusi vegetasi di masing-masing lokasi.⁴⁶ Intensitas Cahaya di Stasiun 1 yaitu 776cd sedangkan di Stasiun 2 yaitu 646cd dan di Stasiun 3 yaitu 799cd. Ph tanah di Stasiun 1 yaitu 6,2 sedangkan di Stasiun 2 yaitu 6 dan Stasiun 3 yaitu 6.

e. Range rata-rata kadar Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total

Rangen rata-rata kadar klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total pada daun tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L)* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dilakukan dengan cara mengelompokkan kadar Klorofil berdasarkan range <1,6 mg/l termasuk kedalam katagori sangat rendah sedangkan 1,6 mg/l termasuk kedalam katagori rendah dan >1,6mg/l -21mg/l termasuk kedalam katagori normal, Berikut tabel range rata-rata kadar Klorofil daun tumbuhan *angsana* di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

⁴⁶ Arifin, M., Susilowati, & Kusumawati, E. (2019). Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah dan Kelembaban Tanah pada Lahan Rehabilitasi di Pertambangan Batubara PT. Singlurus Pratama, Kalimantan Timur. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2(1), 51-58.

Table 5.3 Range rata-rata kadar Klorofil daun tumbuhan *Angsana* di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh

Stasiun	Klorofil a			Klorofil b			Klorofil total		
	SR	R	N	SR	R	N	SR	R	N
Stasiun 1		✓				✓			✓
Stasiun 2	✓					✓			✓
Stasiun 3	✓					✓			✓

Keterangan: Stasiun 1: Kawasan Taman sari

Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh

Stasiun 3: Jalan bandar sultan Iskandar muda, Kampong Blang

SR : Sangat rendah: < 1,6mg/l

R : Rendah : 1,6mg/l

N : Normal : 1.6mg/l-21mg/l

Berdasarkan tabel 5.3 rata-rata kadar Klorofil a di Stasiun 1 termasuk kedalam katagori rendah, sedangkan di Stasiun 2 termasuk kedalam katagori sangat rendah dan di Stasiun 3 termasuk kedalam katagori sangat rendah. Rata-rata kadar Klorofil b pada Stasiun 1 termasuk kedalam katagori normal sedangkan di Stasiun 2 termasuk kedalam katagori normal dan Stasiun 3 termasuk kedalam katagori normal. Rata-rata kadar Klorofil total di Stasiun 1 termasuk kedalam katagori normal sedangkan di Stasiun 2 termasuk kedalam katagori normal dan Stasiun termasuk kedalam katagori normal.

- f. Morfologi daun tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L*) di seputaran Kota Banda Aceh berdasarkan klorosis dan nekrosis daun secara makroskopis.

Sampel daun *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh yang mengalami klorosis dan nekrosis dapat dilihat dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4 Morfologi daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di seputaran Kota Banda Aceh berdasarkan klorosis dan nekrosis daun secara makroskopis

Stasiun	Klorosis	Nekrosis	Persentase
Stasiun 1			5%
Stasiun 2			30%
Stasiun 3			60%

Keterangan : Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat disimpulkan bahwa Stasiun 1 memiliki kadar klorosis dan nekrosis yang paling rendah dengan persentase 5% dibandingkan dengan Stasiun 2 dengan 30% dan daun angsana yang memiliki klorosis dan nekrosis yang paling tinggi terdapat pada Stasiun 3 dengan persentase 60%.

3. Bentuk hasil penelitian sebagai buku ajar dalam mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah kadar Klorofil tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan Seputaran Kota Banda Aceh. Bentuk hasil penelitian disusun dalam bentuk Buku ajar yang dapat digunakan oleh dosen dan mahasiswa dalam menunjang mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan. Buku ajar tersebut berisi judul, tujuan pembelajaran, dasar teori, lembar hasil pengamatan, lembar pembahasan, lembar kesimpulan dan daftar pustaka.

Sesuai dengan tujuan yang diharapkan dalam mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan, dosen dan mahasiswa dapat menjadikan buku ajar ini sebagai penambahan literatur baca. Tentunya dapat digunakan oleh dosen dan mahasiswa yang mampu atau mengambil mata kuliah ini dapat memahami analisis kadar Klorofil tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di seputaran kawasan Kota Banda Aceh sebagai bioindikator udara.

Buku ajar digunakan sebagai referensi matakuliah ekologi tumbuhan digunakan lembar validasi yang akan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Adapun yang akan menjadi indikator uji kelayakan materi yaitu aspek cakupan materi, keakuratan materi, teknik penyajian materi. Sedangkan lembar validasi media terdiri dari aspek desain media, artistik dan estetika. Adapun cover buku ajar Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus will L*) dapat di lihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Cover Buku Ajar

Tabel 5.5 Uji kelayakan Materi Buku ajar Mata Kuliah Ekologi dan Problematika lingkungan

No	Indikator	Rata-rata Skor	Kategori
----	-----------	----------------	----------

1	Komponen kelayakan isi	5	Sangat Layak
2	Komponen kelayakan penyajian	4	Sangat Layak
3	Komponen kelayakan bahasa	5	Layak
4	Pengembangan	4	Layak
Jumlah			18
Presentase Keseluruhan			90%
Kualifikasi			Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 5.5 uji kelayakan ahli materi menunjukkan bahwa kevalidan materi pada buku ajar matakuliah ekologi dan problematika lingkungan yang telah ditentukan oleh ahli materi didapatkan skor keseluruhan 18. Komponen uji kelayakan isi skor rata-rata yang diperoleh skor 5 terdiri dari 7 butir penilaian dengan rincian 1 butir penilain yaitu pada kedalaman materi memperoleh skor 4 sedangkan 6 butir penilaian memperoleh skor 5. Komponen uji kelayakan penyajian skor rata-rata 4 terdiri dari 3 butir penilaian dengan rincian 2 butir penilaian yaitu pada keruntutan konsep dan pengantar memperoleh skor 4 sedangkan 1 butir penilaian dengan skor 5.

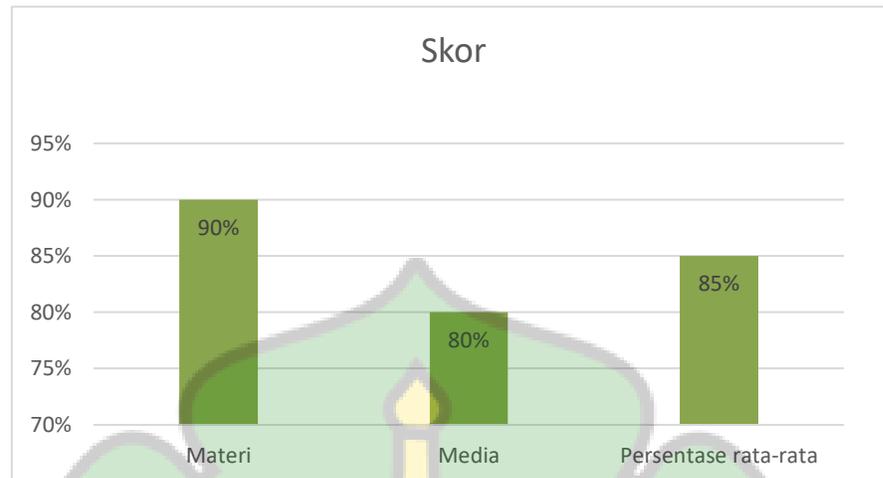
Komponen uji kelayakan Bahasa skor rata-rata yang diperoleh 5 terdiri dari 6 butir penilaian dengan rincian 1 butir penilaian yaitu pada keefektifan kalimat memperoleh skor 4 sedangkan 5 butir penilaian memperoleh skor 5. Sedangkan pada Pengembangan skor rata-rata yang diperoleh 4 dari keseluruhan butir penilaian. Maka di peroleh persentase yaitu 90% dengan kriteria sangat layak di rekomendasikan sebagai salah satu referensi belajar matakuliah ekologi dan problematika lingkungan.

Tabel 5.6 Uji kelayakan Media Buku ajar Mata Kuliah Ekologi dan Problematika lingkungan

No	Indikator	Rata-rata Skor	Kategori
1	Komponen kelayakan desain media	4	Layak
2	Komponen kelayakan penyajian	4	Layak
3	Komponen kelayakan kegrafikan	4	Layak
4	Pengembangan	4	Layak
Jumlah			16
Presentase Keseluruhan			80
Kualifikasi			Layak

Berdasarkan Tabel 5.6 uji kelayakan media menunjukkan bahwa kevalidan materi buku ajar matakuliah ekologi dan problematika lingkungan yang telah ditentukan oleh ahli media diperoleh skor keseluruhan 16, Komponen uji kelayakan desain media, Komponen kelayakan penyajian, Komponen kelayakan kegrafikan dan pengembangan memiliki skor rata-rata 4 yang diperoleh dari seluruh butir penilaian, Maka diperoleh persentase 80% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu referensi sumber belajar.

Gambar 4.3 Hasil Uji kelayakan



Berdasarkan Grafik 4.3 hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa jumlah kelayakan uji materi buku ajar yang telah ditentukan oleh validator diperoleh 90%, Sedangkan jumlah kelayakan ahli media diperoleh 80%. Berdasarkan rata-rata kedua skor tersebut maka diperoleh kelayakan 85% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar pada matakuliah ekologi dan problematika lingkungan.

B. Pembahasan

Kadar Klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L*) di Kawasan seputaran Kota Banda Aceh memiliki jumlah rata-rata Klorofil a tertinggi terdapat pada tumbuhan angšana di Stasiun 1 dengan nilai 1,697 mg/l. Sedangkan kandungan Klorofil a terendah terdapat pada daun tumbuhan Angsana di Stasiun 3 yaitu 0,925 mg/l hal ini di sebabkan oleh kadar timbal yang disebabkan oleh kendaran bermotor di stasiun satu lebih sedikit dibandingkan dengan stasiun 3 .pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian Aprilia dkk, menyatakan Korelasi kadar timbal terhadap kadar Klorofil negatif kuat. Hal ini berarti semakin tinggi kadar timbal, maka kadar Klorofil semakin berkurang.⁴⁷

Jumlah rata-rata Klorofil b tertinggi terdapat pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 dengan nilai rata-rata 3,268 mg/l, sedangkan kandungan Klorofil b terendah terdapat pada daun tumbuhan angšana di Stasiun 3 yaitu 1,786mg/l. Perbedaan kadar Klorofil b di setiap stasiun di sebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh setiap stasiun, intesitas Cahaya di kawasan taman sari 799cd sedangkan di Stasiun 2 775cd dan di Stasiun 3 646cd. Hasil kadar Klorofil

⁴⁷ Aprilia Erwinda., “Korelasi Antara Kadar Timbal dengan Kadar Klorofil dan Jumlah Stomata Pada Daun Mahoni (*Swietenia macrophlla King*) Di Jalur Hijau Kota Bengkulu” *Journal of Global Forest and Environmental Science* Vol. 2, No. 1 (2022)

di kawasan taman sari lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3. Hal ini disebabkan adanya pengaruh intensitas cahaya pada daerah tersebut.

Semakin tinggi intensitas cahaya maka kadar Klorofil tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*) yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan kawasan yang memiliki intensitas Cahaya yang rendah, hasil penelitian Samuel p.ratag dkk, menyatakan bahwa kandungan Klorofil suatu tumbuhan tidak hanya dipengaruhi oleh adanya kondisi air pada suatu daerah melainkan adanya faktor fisik yaitu intensitas Cahaya.⁴⁸ Oleh karena itu intensitas Cahaya yang tinggi maka Stasiun 1 memiliki jumlah rata-rata kadar Klorofil lebih banyak dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3. Penelitian Ruly Budiono, dkk, yang menyatakan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya maka kandungan Klorofil pada tumbuhan semakin banyak. Intensitas cahaya berperan penting dalam penerimaan energi bagi tumbuhan melalui fotosintesis dengan penyerapan langsung foton oleh molekul-molekul pigmen seperti Klorofil.⁴⁹

Klorofil a dan Klorofil b di setiap stasiun memiliki perbedaan rata-rata, rata-rata kadar a tertinggi terdapat di Stasiun 1 dengan nilai 1,697 mg/l sedangkan kadar Klorofil b tertinggi terdapat di Stasiun 1 dengan nilai rata-rata 3,268 mg/l, kadar Klorofil a terendah terdapat di di Stasiun 3 yaitu 0,925 mg/l dan kadar Klorofil b

⁴⁸ Jazilatul Maghfiroh., "Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman" Jurnal Pendidikan Biologi, Fakultas Mipa Universitas Yogyakarta. (2017) h. 56

⁴⁹ Citra Wulan Suci dan Suwasono Heddy, "Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Keragaan Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*)", *Jurnal Produksi Tanaman*, Vol. 6, No. 1 (2018), h. 162.

terdapat di di Stasiun 3 yaitu 1,786mg/l. terdapat perbedaan rata-rata kadar Klorofil antara Klorofil a dengan Klorofil b hal ini disebabkan oleh kemampuan pigmen-pigmen Klorofil terutama Klorofil b. Hasil penelitian Moni andita putri, dkk kemampuan daun tumbuhan Angsana dalam menangkap cahaya matahari dipengaruhi oleh pigmen-pigmen Klorofil, terutama Klorofil b. nilai rata-rata kandungan Klorofil b yang lebih tinggi. Klorofil b berfungsi sebagai antena fotosintetik yang mengumpulkan cahaya kemudian ditransfer ke pusat reaksi yang tersusun dari Klorofil a.⁵⁰

Keseluruhan jumlah rata-rata kadar Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 lebih banyak dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3. Jumlah rata-rata kadar Klorofil a pada daun tumbuhan Angsana di Stasiun 1 yaitu 1,697 mg/l sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1.83 mg/l dan Stasiun 3 yaitu 0,925 mg/l. Jumlah rata-rata Klorofil b pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Stasiun 1 3,268 mg/l sedangkan di Stasiun 2 1,904 mg/l dan Stasiun 3 yaitu 1,786 mg/l. jumlah rata-rata kadar Klorofil total daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di kawasan Stasiun 1 3,721 mg/l sedangkan di Stasiun 2 yaitu 2,215 mg/l dan di Stasiun 3 2,033 mg/l. Rata-rata kadar Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total memiliki perbedaan dimana stasiun 1 memiliki

⁵⁰ Moni andita putri, dkk. Kandungan Klorofil Tumbuhan Dominan Pasca Kebakaran Lahan Gambut Dan Pemanfaatannya Untuk Rancangan Lkpd Biologi Sma. Jurnal Study Progam of Biology Education Faculty of Teacher Training and Education University of Riau.2017(1) h 7.

kadar Klorofil terbanyak dibandingkan dengan stasiun 2 dan stasiun 3 hal ini disebabkan oleh ph tanah dan kelembabab tanah yang lebih tinggi di stasiun 1.

Hasil pengukuran kelembaban tanah di kawasan tamansari 80% sedangkan di Stasiun 2 yaitu 30% dan di Stasiun 3 yaitu 35%. Kelembaban tanah di Stasiun 1 lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3. Hal ini terjadi karena tekstur tanah di kawasan tamansari cenderung lembab di karenakan Stasiun 1 di rawat dengan baik. Sebaliknya di Stasiun 2 dan lambaro cenderung memiliki tekstur tanah yang kering dan berbatu dikarnakan tidak di rawat. Penelitian dari yuli rosianty menyatakan bahwa kelembaban media tanam untuk pohon angšana yang optimum adalah 35%-70%.⁵¹

Hasil pengukuran ph tanah di kawasan tamansari yaitu 6,2 sedangkan di Stasiun 2 yaitu 6 dan Stasiun 3 yaitu 6. pH atau tingkat keasaman pada tanah bisa mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ph normal untuk pertumbuhan angšana sekitar 6-7. Menurut penelitian Y. H. Setyanti, dkk. Menyatakan bahwa ph yang ideal bagi pertumbuhan tanaman adalah mendekati netral 6,5-7. Apabila ph terlalu tinggi akan bersifat racun dan merugikan tanaman.⁵²

⁵¹ Yuli Rosianty, Dkk, "Pengaruh Sebaran Vegetasi Terhadap Suhu Dan Kelembaban Pd Ataman Wisata Alam (Wta) Punt Kayu Kota Palembang", Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kehutanan, Vol. 6, No.2(2018), h. 66-77

⁵² Y. H. Setyanti, dkk., "Karakteristik Fotosintetik dan Serapan Fosfor Hijauan Alfalfa (*Medicago sativa*) pada Tinggi Pemotongan dan Pemupukan Nitrogen yang Berbeda", *Jurnal Animal Agriculture*, Vol. 2, No. 1 (2013), h. 94.

Hasil pengukuran rata-rata kadar Klorofil a di Stasiun 1 1,697 mg/l termasuk kedalam katagori rendah sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1,083 mg/l termasuk kedalam katagori sangat rendah dan di Stasiun 3 yaitu 0,925 termasuk kedalam katagori sangat rendah, rata-rata kadar Klorofil b pada taman sari yaitu 3,268 mg/l termasuk kedalam katagori normal sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1,904 mg/l termasuk kedalam katagori normal dan Stasiun 3 yaitu 1,786 mg/l termasuk kedalam katagori normal. rata-rata kadar Klorofil total di Stasiun 1 yaitu 3,721 mg/l termasuk kedalam katagori normal sedangkan di Stasiun 2 yaitu 2,215 mg/l termasuk kedalam katagori normal dan Stasiun 3 yaitu 2,033 mg/l termasuk kedalam katagori normal. berdasarkan data diatas dapat di simpulkan rata-rata kadar Klorofil a memiliki rata-rata yang berbeda Stasiun 1 memiliki kadar Klorofil yang lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 2 dan Stasiun 3 hal ini dipengaruhi oleh pencemaran udara yang mengakibatkan kerusakan Klorofil.

Diah Yuningsih yang menyatakan Pada kebanyakan pencemaran udara dapat menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Gejala yang sering tampak pada tanaman akibat pencemaran udara adalah kerusakan makrokopis daun, kerusakan Klorofil dan perubahan struktur anatomi.⁵³

⁵³ Diah A'yuningsih., "Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Perubahan Struktur Anatomi Daun". Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Biologi Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta 2017

Klorosis dan nekrosis pada daun tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 5.3, berdasarkan tabel 5.3 dapat di simpulkan bahwa Stasiun 1 memiliki kadar klorosis dan nekrosis yang paling rendah dengan persentase 5% dibandingkan dengan Stasiun 2 dengan 30% dan daun angsana yang memiliki klorosis dan nekrosis yang paling tinggi terdapat pada Stasiun 3 dengan persentase 60% hal ini disebabkan oleh penyerapan gas pencemar udara yang terpapar dengan konsentrasi yang cukup tinggi sehingga jaringan daun akan rusak dalam waktu yang relatif singkat. Rahardyan B yang menyatakan bahwa Perubahan warna daun menjadi kuning yang berlanjut hingga memutih dapat menandai bahwa telah terjadi kerusakan secara kronis. Kebanyakan hal ini terjadi karena rusaknya Klorofil dan karotenoid akibat absorpsi sejumlah gas pencemar dalam konsentrasi subletal dalam periode waktu yang lama.⁵⁴

Perbedaan jumlah kadar Klorofil tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus wild L.)* di kawasan seputaran Kota Banda Aceh di uji dengan program spss 25 menggunakan analisis varians (*one way ANOVA*). Berdasarkan hasil uji *one way ANOVA* terhadap jumlah kadar Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total di peroleh dapat dilihat pada lampiran 5,7,9. Kondisi lingkungan sekitar stasiun turut menjadi perhatian dalam perolehan jumlah kadar Klorofil. Kondisi lingkungan sekitar stasiun

⁵⁴ Rahardyan B. dan Widagdo A.S., 2005. Peningkatan Pengelolaan Persampahan Perkotaan Melalui Pengembangan Daur Ulang. Materi Lokakarya 2 Pengelolaan Persampahan di Propinsi DKI Jakarta

dianalisis secara deskriptif. Pengambilan data kondisi lingkungan di kawasan seputaran Kota Banda Aceh akan dikaitkan dengan kadar Klorofil tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus wild L.*). Selain kondisi lingkungan sekitar terdapat faktor fisik dan kimia yang mempengaruhi perbedaan kadar Klorofil.

Perhitungan f tabel dapat dilakukan setelah didapatkan nilai f hitung dari hasil hitungan anova, hitungan f tabel dapat di lihat pada lampiran 12 hasil hitungan f tabel akan dibandingkan lebih besar atau lebih kecil untuk menjawab ha dan h1 diterima atau tidak. Apa bila f hitung lebih besar dari f tabel maka hipotesis Ha diterima dan sebaliknya jika f hitung lebih kecil dari pada f tabel maka hipotesis Ha di tolak. Hasil perhitungan f tabel pada taraf signifikan 0,05 diperoleh 3.68 dari perhitungan rumus f hitung.⁵⁵

Jumlah kandungan Klorofil pada daun tumbuhan *Angsana* (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh terdapat perbedaan. Hasil uji Analisis Varians (*One-Way ANAVA*) pada jumlah kandungan Klorofil a diperoleh nilai $F_{hitung} (3062,4) > F_{tabel} (3,68)$ Maka Ha diterima, Jumlah kandungan Klorofil b diperoleh nilai Klorofil b diperoleh nilai $F_{hitung} (3231,3) > F_{tabel} (3,68)$ maka Ha diterima dan jumlah kandungan Klorofil total diperoleh nilai $F_{hitung} (3163,8) > F_{tabel} (3,68)$ Ha diterima. Berdasarkan Jumlah kandungan Klorofil a, Klorofil b dan Klorofil total pada

⁵⁵ Siregar, S. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif Dilengkapi Dengan Perbandingan Manual Perhitungan Manual & SPSS. Jakarta: PRENADAMEDIA GROUP.

daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh Ha diterima atau jumlah kandungan Klorofil disetiap stasiun memiliki perbedaan.

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kadar klorofil pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus Willd. L.*) di kawasan seputaran Kota Banda Aceh bervariasi antar lokasi. Variasi ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk terjadinya klorosis dan nekrosis pada daun Angsana. Selain itu, keberadaan polutan udara, terutama kadar timbal, juga berperan dalam mempengaruhi kandungan klorofil. Faktor fisik dan kimia lingkungan di setiap stasiun pengamatan turut berkontribusi pada perbedaan kadar klorofil yang terukur. Kondisi ini mengindikasikan adanya tingkat pencemaran udara yang bervariasi di setiap stasiun. Dengan adanya hasil dari penelitian ini, praktikan dapat mempelajari kadar Klorofil tumbuhan angsana (*Pterocarpus indicus wild L.*) di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh.

Hasil penelitian ini dijadikan sebagai buku ajar mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan. Buku ajar suatu paket program yang disusun dan didesain sedemikian rupa untuk kepentingan mahasiswa dalam proses pembelajaran sehingga menjadi terarah. Buku ajar tersebut berisi informasi yang telah diolah sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan oleh dosen dan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Pendekatan dalam pembelajaran buku ajar menggunakan pengalaman mahasiswa.⁵⁶

⁵⁶ Rudi Susilana dan Cepi Riyana, *Media Pembelajaran...*, h. 14.

Buku ajar sangat berguna bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan. Buku ajar ini juga dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa yang akan melakukan penelitian tentang pengukuran kandungan Klorofil. Hasil penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai materi tambahan di mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.

Berdasarkan hasil uji kelayakan yang dilakukan oleh ahli materi, diperoleh skor kevalidan materi buku ajar mata kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan sebesar 18. Pada komponen uji kelayakan isi, skor rata-rata yang diperoleh adalah 5, yang terdiri dari 7 butir penilaian, yaitu kelengkapan materi, keluasan materi, keakuratan konsep dan definisi, keakuratan fakta dan data, keakuratan gambar, dan keakuratan istilah. Sementara itu, skor 4 diperoleh pada 1 butir penilaian terkait kedalaman isi materi. Dengan memperoleh skor maksimum 5, hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kevalidan pada komponen uji kelayakan isi dinyatakan sangat layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang sangat baik untuk digunakan sebagai buku ajar. Temuan ini didukung oleh pernyataan Zuhara yang menyatakan bahwa penyajian materi secara sistematis, runtut, dan koheren dapat memudahkan pemahaman mahasiswa.⁵⁷

⁵⁷ Zurayah, S. Pengembangan Buku Ajar Bermuatan Nilai-Nilai Karakter untuk Pembelajaran Tematik. *Jurnal Bidang Pendidikan Dasar*, (2019) 3(1A), 59-68.

Pada uji kelayakan penyajian, diperoleh skor rata-rata 4 yang terdiri dari 3 butir penilaian. Rinciannya, 2 butir penilaian, yaitu keruntutan konsep dan pengantar, memperoleh skor 4, sedangkan 1 butir penilaian lainnya, yaitu daftar pustaka, mendapatkan skor 5. Dengan memperoleh skor maksimum 4, hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kevalidan pada komponen kelayakan penyajian dinyatakan layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang sangat baik untuk digunakan sebagai buku ajar. Temuan ini didukung oleh pernyataan Isman yang menyatakan bahwa penyajian materi yang sistematis dan runtut akan memudahkan pemahaman mahasiswa, sehingga mahasiswa dapat mengikuti alur berpikir yang logis dan memudahkan proses belajar.⁵⁸

Pada uji kelayakan bahasa, diperoleh skor rata-rata 5 yang terdiri dari 6 butir penilaian. Rinciannya, 1 butir penilaian, yaitu keefektifan kalimat, memperoleh skor 4, sedangkan 5 butir penilaian lainnya mendapatkan skor 5. Dengan memperoleh skor maksimum 5, hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kevalidan pada komponen kelayakan bahasa dinyatakan sangat layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang sangat baik untuk digunakan sebagai buku ajar. Aspek kelayakan bahasa sangat penting dalam buku ajar karena berkaitan dengan keefektifan penyampaian materi kepada mahasiswa. Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian Nurkhalisah yang menunjukkan bahwa tingkat

⁵⁸ Isman Muazizah. Pengembangan buku ajar fisika dasar II berbasis inkuiri Terbimbing untuk Mahasiswa FMIPA Universitas Samudra (2019)

kelayakan bahasa buku ajar berkorelasi positif dengan hasil belajar mahasiswa.⁵⁹ Sementara itu, pada pengembangan skor rata-rata yang diperoleh adalah 4 dari keseluruhan butir penilaian, Skor total yang diperoleh dari uji validasi materi adalah 90% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu referensi sumber belajar.

Berdasarkan hasil uji kelayakan media, diperoleh skor kevalidan materi buku ajar mata kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan sebesar 16 yang telah ditetapkan oleh ahli media. Pada uji kelayakan desain, buku ajar memperoleh skor 4 dari keseluruhan butir penilaian. Perolehan skor maksimum 4 mengindikasikan bahwa uji kelayakan desain dinyatakan layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang sangat baik untuk digunakan sebagai buku ajar. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Prastowo yang menunjukkan bahwa kemudahan navigasi dan kejelasan sistematika penyajian materi dalam buku ajar berkontribusi positif terhadap efektivitas pembelajaran.⁶⁰

Pada uji kelayakan komponen penyajian, diperoleh skor rata-rata 4 dari seluruh butir penilaian. Dengan memperoleh skor maksimum 4, hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kevalidan pada uji kelayakan media dinyatakan layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang

⁵⁹ Nurkhalisah et al. Analisis Kelayakan Bahasa Buku Ajar dan Hubungannya dengan Hasil Belajar. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, (2019). 12(2), 135-142.

⁶⁰ Prastowo et al. Evaluasi Navigasi Buku Ajar dan Pengaruhnya terhadap Efektivitas Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, (2020). 15(1), 1-8.

sangat baik untuk digunakan sebagai buku ajar. Uji kelayakan komponen penyajian pada buku ajar sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan efektivitas penyampaian materi kepada mahasiswa. Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Murniyati yang menyatakan bahwa desain grafis yang baik, termasuk keseimbangan komposisi, berpengaruh positif terhadap hasil belajar.⁶¹

Pada uji kelayakan kegrafikan, diperoleh skor rata-rata 4 dari seluruh butir penilaian. Perolehan skor maksimum 4 mengindikasikan bahwa tingkat kevalidan pada uji kelayakan kegrafikan dinyatakan layak untuk digunakan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produk ini memiliki kelayakan yang sangat baik untuk dijadikan sebagai buku ajar. Hal ini didukung oleh pernyataan Sutrisno yang menyatakan bahwa dalam buku ajar, salah satu kriteria penilaian buku ajar yang baik adalah memperhatikan aspek tampilan atau kegrafikan, seperti ukuran buku sesuai dengan standar ISO, tata letak (layout) yang menarik dan proporsional, serta ilustrasi dan gambar yang dapat memperjelas materi.⁶² Skor total yang diperoleh dari uji validasi media adalah 80% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu referensi sumber belajar.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa jumlah kelayakan uji materi buku ajar yang telah ditentukan oleh validator diperoleh 90%, Sedangkan jumlah kelayakan ahli

⁶¹ Murniyati et al. Pengaruh Desain Grafis Buku Ajar terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 2019). 21(1), 1-8.

⁶² Sutrisno, dkk. Uji Kefrafikan Media Pembelajaran Biologi Berbasis Multimedia Interaktif pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, (2018) 3(2), h 78-89.

media diperoleh 80%. Berdasarkan rata-rata kedua skor tersebut maka diperoleh kelayakan 85% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar pada matakuliah ekologi dan problematika lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wibowo, menyebutkan bahwa penyajian materi dengan tampilan yang menarik dan komunikatif dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar mahasiswa.⁶³



⁶³ Wibowo & Sari. Pentingnya Kegrafikan dalam Buku Ajar untuk Siswa SMP. (2019). Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 5(2).

BAB V PENUTUP

A. Simpulan

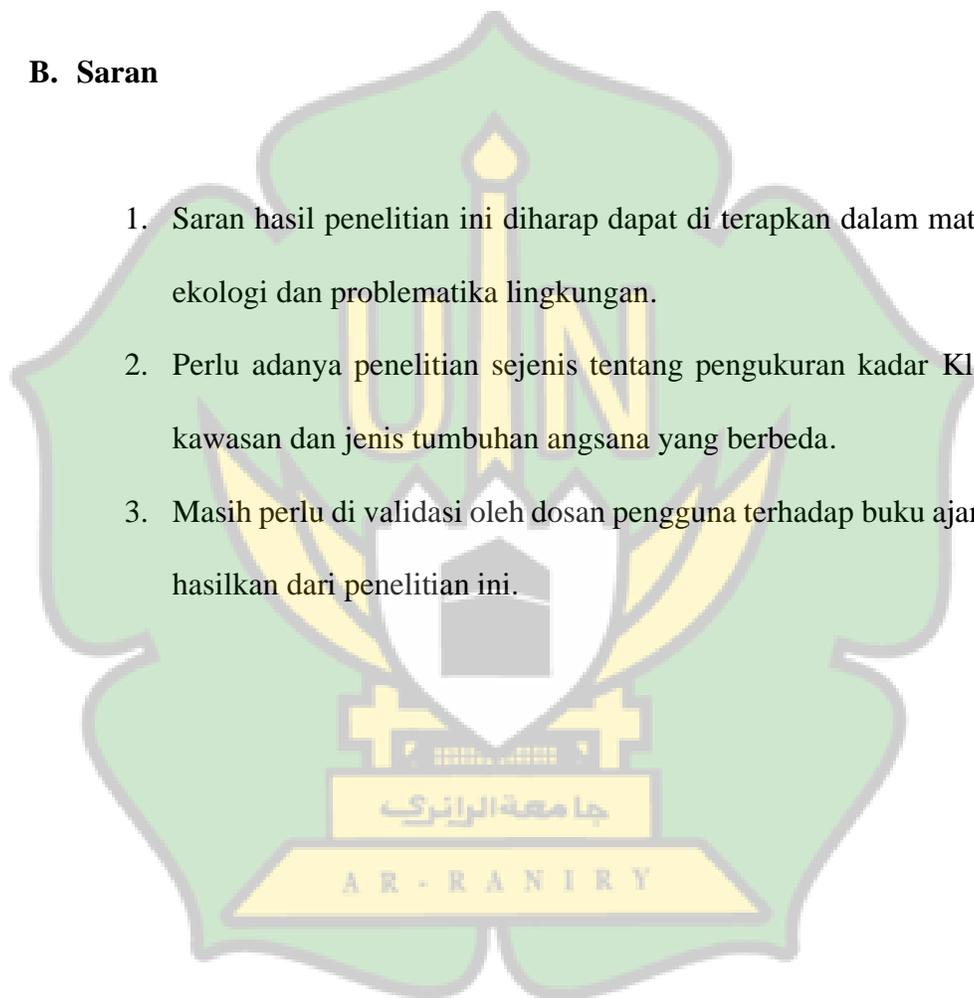
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Jumlah rata-rata kandungan Klorofil a pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Stasiun 1 yaitu 1,697 mg/l, sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1,083 mg/l dan Stasiun 3 0,925 mg/l. Jumlah rata-rata kandungan Klorofil b pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Stasiun 1 yaitu 3,268 mg/l, sedangkan di Stasiun 2 yaitu 1,904 mg/l dan Stasiun 3 yaitu 1,786 mg/l. Jumlah rata-rata kandungan Klorofil total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) di Stasiun 1 yaitu 3,721 mg/l, sedangkan di Stasiun 2 yaitu 2,215 mg/l dan Stasiun 3 yaitu 2,033 mg/l.
2. Terdapat perbedaan Jumlah kandungan Klorofil a, b, dan total pada daun tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) yang mengalami klorosis dan nekrosis di kawasan seputaran Kota Banda Aceh. Hasil uji Analisis Varians (*One-Way ANOVA*) pada jumlah kandungan Klorofil a diperoleh nilai $F_{hitung} (3062,4) > F_{tabel} (3,68)$, jumlah kandungan Klorofil b diperoleh nilai $F_{hitung} (3231,3) > F_{tabel} (3,68)$, jumlah kandungan Klorofil total diperoleh nilai $F_{hitung} (3163,8) > F_{tabel} (3,68)$.

3. Hasil uji kelayakan terhadap buku ajar dari penelitian ini diperoleh skor rata-rata 85% dengan katagorti Sangat layak digunakan.

B. Saran

1. Saran hasil penelitian ini diharap dapat di terapkan dalam mata kuliah ekologi dan problematika lingkungan.
2. Perlu adanya penelitian sejenis tentang pengukuran kadar Klorofil di kawasan dan jenis tumbuhan angšana yang berbeda.
3. Masih perlu di validasi oleh dosen pengguna terhadap buku ajar yang di hasilkan dari penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus Irianto, 2007 Statistik Konsep Dasar dan Aplikasinya, Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Anas Sudijino, 2010 Pengantar statistika Pendidikan. Jakarta PT Raja Grafindo Persada.
- Anonim, Farmakope 1979 Indonesia, Edisi ketiga, 591, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Arrohmah, 2007, Studi Karakteristik Klorofil pada Daun Bayam sebagai Material Photodetector Organic. [Skripsi]. FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Dian Rizkiaditama, dkk, 2017 “analisis kadar Klorofil pada tumbuhan angkana (*pterocarpus indicus willd*) di kawasan ngoro industry persada (NIP) ngoro Mojokerto sebagai sumber belajar biologi”, *jurnal prosiding seminar nasional* 3.
- Dodi Nandika dan Nadrizum Mubin, 2017. *30 Jenis Pohon Di Taman & Hutan Kota*, (IPB Press : bogor)
- Dwi Djoseputro, D.1981. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT. Gramedia, Jakarta.
- Dwi Priyatno, 2009 SPSS untuk Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariate, Yogyakarta: Gava Media.
- Etty Triyati, 1985 “Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi”, *Jurnal Oseana*, Vol. 10, No. 1.
- Hidayat, E. B. 2008. Anatomi Tumbuhan. Penerbit ITB. Bandung, Indonesia

- Ika Susanti Hendriyani dan Nantiya setiari 2009 “Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda” ,*Jurnal sains dan Mat*, Vol.17.No.3.
- Juwita ratnasariniaga 2018. swadaya,Jakarta .Galeri Tanaman Hias Daun. New media.
- Karliansyah, N. S. W. (1997). Kerusakan Daun Tanaman sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angsana dan Mahoni dengan Pencemar Udara NO_x dan SO). (Tesis tidak dipublikasikan). Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kopkar, 1990 S,Konsep Dasar Kimia Analitik, Penerbit Universitas Indonesia.
- Miftachul huda, 2020 pohon jembatan kehidupan new media.
- Miftahul Zakiyah, 2018 dkk., “Kandungan Klorofil Daun pada Empat Jenis Pohon di Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura”, *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 6, No. 1.
- Mikha Agus Widiyanto, 2013. Statistika Terapan: Konsep dan Aplikasi SPSS dalam Penelitian Bidang Pendidikan, Psikologi & Ilmu Sosial Lainnya, (Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Mustafa, N. N. Ya’acob., Z. A. Latif., and A. L. Yusof. 2015. Quantification of oil palm tree leaf pigment (Chlorophyll A) concentration Based on Their Age. *Jurnal Teknologi*.
- Nio Song Ai, dkk, 2011 “konsentrasi Klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman”, *jurnal ilmiah sains*, Vol.11, No.2.
- Nurul huda dkk. 2017“Perbandingan Perendaman Ekstrak Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca* Var. Raja) Dan Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminate*)

Terhadap Karakteristik Organoleptik Dan Fisik Daging Ayam Kampung (*Gallus Domesticus*).”Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Unsyiah Vol 2, No 1.

Pohan, Nurhasmawaty. 2002. Pencemaran udara dan hujan asam. USU Digital Library.

R. A. Day. IR/A. I Underwood, 2001 Analisis kimia kuantitatif Penerbit Air Langga Jakarta.

Rohman, 2007 A, Kimia Farmasi Analis Pustaka Pelajar Yogjakarta.

Roziaty, Efri. (2009). Kandungan Klorofil, struktur anatomi daun angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) dan kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri pupuk PT. Pusri di Palembang. Sekolah pascasarjana, institur pertanian bogor.

Salaki, M. 2000. Biologi Sel. Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi Indonesia Development Agency Simon Fraset University.

Sri Unon Purwati, 2015 “Karakteristik Bioindikator Cisdane Kajian Pemanfaatan Makrobentik Untuk Menilai Kualitas Sungai Cisdane”, *Jurnal Ecolab*, Vol.9, No.2.

Suharsimi Arikunto, 2010 Prosedur Penelitian, (Jakarta: Rineka Cipta).

Sumijo hadi riyono, 2007 “beberapa sifat umum dari Klorofil fitoplanton”, *jurnal oscana*, Vol. 32, No.3.

Tjitrosoepomo, G. 2010. Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta). Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Ulfira. 2017 Keanekaragaman *Lichens* di Sekitaran Kampus Uin Ar-Raniry Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Masalah Lingkungan, program studi pendidikan biologi.

Vivi Yuskianti dkk. 2019 “Karakter Morfologi Dan Pertumbuhan Subspecies Kayu Merah (*Pterocarpus indicus willd L.*) Asal Pulau Seram, Maluku Dan Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur Di Persemaian” jurnal pemuliaan tanaman.vol 13.no 1.

Winarsunu, 2002 Statistik dalam Penelitian psikologi dan Pendidikan universitas muhamadiyah malang.

Warsita, dkk, 1995 “Kandungan Klorofil a dan Klorofil b pada Daun Beberapa Jenis Anakan Pohon di Tepi Jalan Tol Jagorawi dan Balitra Kotamadya Bogor”, *jurnal Media Konservasi*, Vol. 4, No.4.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Keputusan bimbingan skripsi

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
 Nomor B 4065 /Un.08/FTK/KP.07.6/02/2023

TENTANG :

**PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
 UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
 DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

- Menimbang : a Bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu Menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
- Mengingat : b Bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai pembimbing awal proposal skripsi;
- 1 Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - 2 Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
 - 3 Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Sistem Pendidikan Tinggi;
 - 4 Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
 - 5 Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan
 - 6 Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
 - 7 Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
 - 8 Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
 - 9 Keputusan Menteri Agama RI Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia
 - 10 Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011, tentang Penetapan Intitut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum
 - 11 Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Memperhatikan : 12 Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 8 Februari 2023
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan : Menunjuk Saudara
- Pertama : Mulyadi, S.Pd.I, M. Pd Sebagai Pembimbing Pertama
 Lina Rahmawati, S.Si., M. Si Sebagai Pembimbing Kedua
- Untuk Membimbing Skripsi :
- Nama : Rafif Sidqie
 Nim : 1802 07082
 Program Studi : Pendidikan Biologi
- Judul Skripsi : Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana(*Pterocarpus indicus willd l.*) Di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh Sebagai Bioindikator Udara Untuk Menunjang Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan
- Kedua : Pembiayaan honorarium pembimbing tersebut di atas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2022;
- Ketiga : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023
- Keempat : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini

Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Pendidikan Biologi;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan



Lampiran 2: Surat permohonan izin penelitian



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
 Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
 Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-8968/Un.08/FTK.1/TL.00/08/2023
 Lamp : -
 Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

1. Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Banda Aceh
2. Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kab. Aceh Besar

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
 Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **RAFIF SIDQIE / 180207082**
 Semester/Jurusan : Pendidikan Biologi
 Alamat sekarang : Jl. Laks. Malahayati Gampoeng Baet, Kec. Baitussalam Kabupaten Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan *Angsana (Pterocarpus Indicus Willd L)* di Seputaran Kawasan Kota Banda aceh sebagai Bioindikator Udara pada Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 22 Agustus 2023
 an. Dekan
 Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



Prof. Habiburrahim, S.Ag., M.Com., Ph.D.

Berlaku sampai : 22 September 2023

Lampiran 3: Surat telah melakukan penelitian



20 Mei 2024

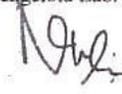
Nomor : B-49/Un.08/KL.PBL/KS.00/05/2024
 Sifat : Biasa
 Lamp : -
 Hal : *Surat Telah Melakukan Identifikasi Penelitian di Laboratorium*

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

Nama : **Rafif Sidqie**
 NIM : 180207082
 Prodi : Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
 Alamat : Baet, Kec. Baitussalam – Aceh Besar
 No. HP : 082217527076
 Pendamping : Rosita. 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 "*Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan *Angsana (Pterocarpus indicus Willd L.)* di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai Bioindikator Udara untuk Menunjang Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan*". Demikianlah surat ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

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


 Nurli Zahara

Lampiran 4: Surat keterangan bebas laboratorium



LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBİYAH 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



20 Mei 2024

Nomor : B-50/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/05/2024
 Sifat : Biasa
 Lamp : -
 Hal : Surat Keterangan Bebas Laboratorium

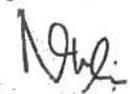
Pengelola Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
 Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Rafif Sidqie
 NIM : 180207082
 Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN
 Ar-Raniry
 Alamat : Baet, Kec. Baitussalam – Aceh Besar

Benar yang nama tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul *“Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (Pterocarpus indicus Willd L.) di Seputaran Kawasan Kota Banda Aceh sebagai Bioindikator Udara untuk Menunjang Mata Kuliah Ekologi dan Problematika Lingkungan”* 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 5: Panjang gelombang 645 nm Daun Tumbuhan Angsana (Ptrerocarpus indicus willd L.)

Stasiun pengamatan	$\lambda=645\text{nm}$					
	Pohon 1		Pohon 2		Pohon 3	
	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn
Stasiun 1	0,188013	0,188002	0,187982	0,187944	0,187894	0,182686
Stasiun 2	0,113935	0,11392	0,113887	0,10888	0,108868	0,108851
Stasiun 3	0,102267	0,102252	0,102236	0,102194	0,102152	0,102107

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
 Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
 Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

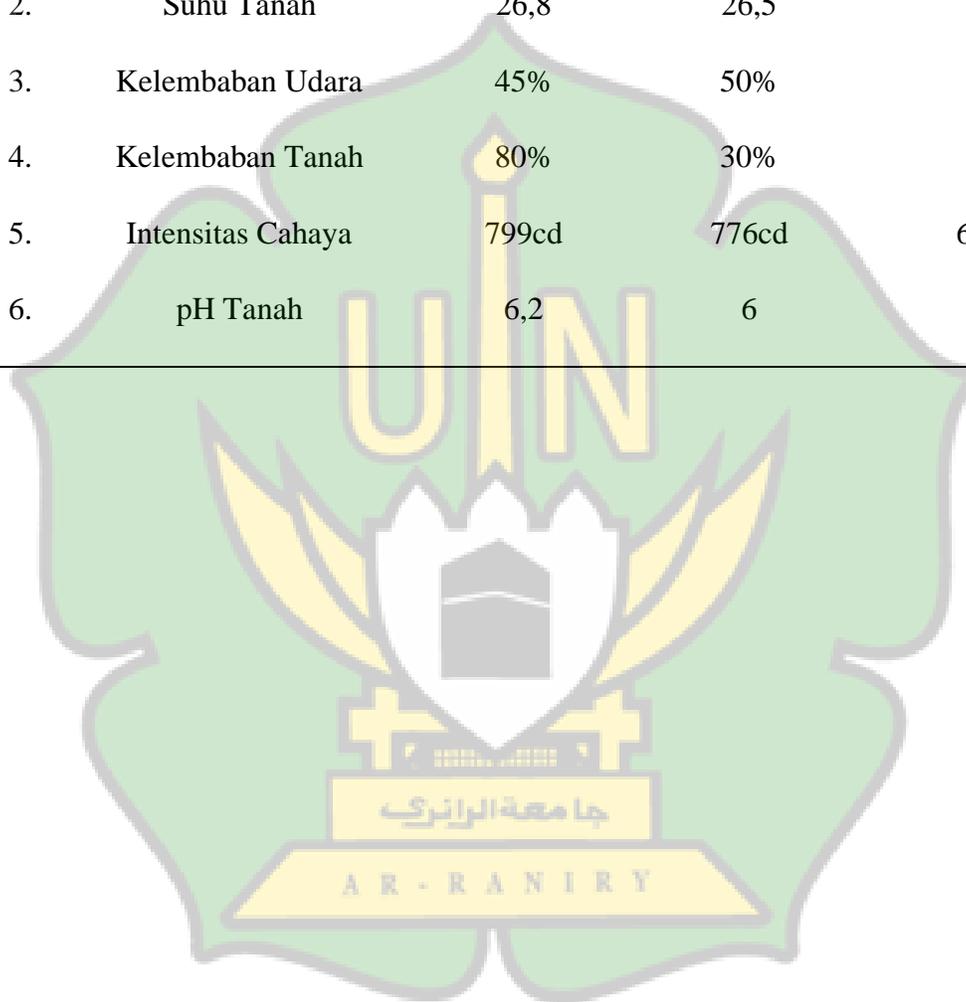
Lampiran 6: Panjang gelombang 663 nm Daun Tumbuhan Angsana (Ptrerocarpus indicus willd L.)

Stasiun pengamatan	$\lambda=663\text{nm}$					
	Pohon 1		Pohon 2		Pohon 3	
	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn	Tkn	Mkn
Stasiun 1	0,203493	0,203481	0,203459	0,203422	0,203373	0,197736
Stasiun 2	0,128624	0,128601	0,128561	0,123224	0,123217	0,123192
Stasiun 3	0,110549	0,110531	0,110516	0,110474	0,110432	0,110432

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
 Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
 Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Lampiran 7: Faktor Fisik dan Kimia di Kawasan Seputaran Kota Banda Aceh

No.	Faktor Fisik dan Kimia	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1.	Suhu Udara	33,6°C	31,7°C	30,1°C
2.	Suhu Tanah	26,8	26,5	28,1
3.	Kelembaban Udara	45%	50%	56%
4.	Kelembaban Tanah	80%	30%	35%
5.	Intensitas Cahaya	799cd	776cd	646cd
6.	pH Tanah	6,2	6	6



Lampiran 8: Hasil Pengujian Kandungan Klorofil dengan Menggunakan Rumus Klorofil

1. Klorofil a:

Pohon	Klorofil a	Od663	Klorofil a	Od645	Total
St1 tkn p1	13,7	0,203493	5,76	0,188013	1,7048992
St 1 mkn p1	13,7	0,203481	5,76	0,188002	1,7047982
St 1 tkn p2	13,7	0,203459	5,76	0,187982	1,704612
St 1 mkn p2	13,7	0,203422	5,76	0,187944	1,704324
St 1 tkn p3	13,7	0,203373	5,76	0,187894	1,7039407
St 1 mkn p3	13,7	0,197736	5,76	0,182686	1,6567118
St2 tkn p1	13,7	0,12862	5,76	0,113935	1,1058832
St 2 mkn p1	13,7	0,128601	5,76	0,11392	1,1056545
St 2 tkn p2	13,7	0,128561	5,76	0,113887	1,1052966
St 2 mkn p2	13,7	0,123224	5,76	0,10888	1,06102
St 2 tkn p3	13,7	0,123217	5,76	0,108868	1,0609932
St 2 mkn p3	13,7	0,123192	5,76	0,108851	1,0607486
St 3 tkn p1	13,7	0,110549	5,76	0,102267	0,9254634
St 3 mkn p1	13,7	0,110531	5,76	0,10225	0,9253032
St 3 tkn p2	13,7	0,11052	5,76	0,102236	0,9251898
St 3 mkn p2	13,7	0,110474	5,76	0,102194	0,9248564
St 3 tkn p3	13,7	0,110432	5,76	0,102152	0,9245229
St 3 mkn p3	13,7	0,11039	5,76	0,102107	0,9242067

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

2. Klorofil b

Pohon	Klorofil b	Od645	Klorofil b	Od663	total
St1 tkn p1	25,8	0,188013	7,7	0,203493	3,283839
St 1 mkn p1	25,8	0,188002	7,7	0,203481	3,283648
St 1 tkn p2	25,8	0,187982	7,7	0,203459	3,283301
St 1 mkn p2	25,8	0,187944	7,7	0,203422	3,282606
St 1 tkn p3	25,8	0,187894	7,7	0,203373	3,281693
St 1 mkn p3	25,8	0,182686	7,7	0,197736	3,190732
St2 tkn p1	25,8	0,113935	7,7	0,12862	1,949118
St 2 mkn p1	25,8	0,11392	7,7	0,128601	1,948908
St 2 tkn p2	25,8	0,113887	7,7	0,128561	1,948365
St 2 mkn p2	25,8	0,10888	7,7	0,123224	1,860279
St 2 tkn p3	25,8	0,108868	7,7	0,123217	1,860024
St 2 mkn p3	25,8	0,108851	7,7	0,123192	1,859777
St 3 tkn p1	25,8	0,102267	7,7	0,110549	1,787261
St 3 mkn p1	25,8	0,10225	7,7	0,110531	1,787013
St 3 tkn p2	25,8	0,102236	7,7	0,11052	1,786716
St 3 mkn p2	25,8	0,102194	7,7	0,110474	1,785955
St 3 tkn p3	25,8	0,102152	7,7	0,110432	1,785195
St 3 mkn p3	25,8	0,102107	7,7	0,11039	1,784358

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

3. Klorofil total

Pohon	Klorofil total	Od645	Klorofil total	Od663	total
St1 tkn p1	20	0,188013	0,1	0,203493	3,739911
St 1 mkn p1	20	0,188002	0,1	0,203481	3,739692
St 1 tkn p2	20	0,187982	0,1	0,203459	3,739294
St 1 mkn p2	20	0,187944	0,1	0,203422	3,738538
St 1 tkn p3	20	0,187894	0,1	0,203373	3,737543
St 1 mkn p3	20	0,182686	0,1	0,197736	3,633946
St2 tkn p1	20	0,113935	0,1	0,12862	2,265838
St 2 mkn p1	20	0,11392	0,1	0,128601	2,26554
St 2 tkn p2	20	0,113887	0,1	0,128561	2,264884
St 2 mkn p2	20	0,10888	0,1	0,123224	2,165278
St 2 tkn p3	20	0,108868	0,1	0,123217	2,165038
St 2 mkn p3	20	0,108851	0,1	0,123192	2,164701
St 3 tkn p1	20	0,102267	0,1	0,110549	2,034285
St 3 mkn p1	20	0,10225	0,1	0,110531	2,033987
St 3 tkn p2	20	0,102236	0,1	0,11052	2,033668
St 3 mkn p2	20	0,102194	0,1	0,110474	2,032833
St 3 tkn p3	20	0,102152	0,1	0,110432	2,031997
St 3 mkn p3	20	0,102107	0,1	0,11039	2,031101

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Lampiran 9: Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil a pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kota Banda Aceh

Descriptives

Klorofil a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
stasiun 1	6	1,69667	,019439	,007936	1,67627	1,71707	1,657	1,705
stasiun 2	6	1,08333	,024468	,009989	1,05766	1,10901	1,061	1,106
stasiun 3	6	,92483	,000408	,000167	,92440	,92526	,924	,925
Total	18	1,23494	,342906	,080824	1,06442	1,40547	,924	1,705

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Klorofil a	Based on Mean	13,139	2	15	,001
	Based on Median	6,137	2	15	,011
	Based on Median and with adjusted df	6,137	2	5,012	,045
	Based on trimmed mean	10,608	2	15	,001

ANOVA

Klorofil a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,994	2	,997	3062,435	,000
Within Groups	,005	15	,000		
Total	1,999	17			

Lampiran 10: Data mentah spss 25 Klorofil a

Pohon	Kadar Klorofil a
St1 tkn p1	1,705
St 1 mkn p1	1,705
St 1 tkn p2	1,705
St 1 mkn p2	1,704
St 1 tkn p3	1,704
St 1 mkn p3	1,657
St2 tkn p1	1,106
St 2 mkn p1	1,106
St 2 tkn p2	1,105
St 2 mkn p2	1,061
St 2 tkn p3	1,061
St 2 mkn p3	1,061
St 3 tkn p1	0,925
St 3 mkn p1	0,925
St 3 tkn p2	0,925
St 3 mkn p2	0,925
St 3 tkn p3	0,925
St 3 mkn p3	0,924

Keterangan : Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
 Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
 Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

*Lampiran 11: Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil b pada tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kota Banda Aceh*

Descriptives

Klorofil b

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
stasiun 1	6	3,26783	,037648	,015370	3,22832	3,30734	3,191	3,284
stasiun 2	6	1,90433	,048566	,019827	1,85337	1,95530	1,860	1,949
stasiun 3	6	1,78600	,001265	,000516	1,78467	1,78733	1,784	1,787
Total	18	2,31939	,692685	,163267	1,97492	2,66385	1,784	3,284

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Klorofil b	Based on Mean	13,478	2	15	,000
	Based on Median	6,265	2	15	,011
	Based on Median and with adjusted df	6,265	2	5,007	,043
	Based on trimmed mean	10,886	2	15	,001

Klorofil b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,138	2	4,069	3231,361	,000
Within Groups	,019	15	,001		
Total	8,157	17			

Lampiran 12: Data mentah Spss 25 Klorofil b

Pohon	Kadar Klorofil b
St1 tkn p1	3,284
St 1 mkn p1	3,284
St 1 tkn p2	3,283
St 1 mkn p2	3,283
St 1 tkn p3	3,282
St 1 mkn p3	3,191
St2 tkn p1	1,949
St 2 mkn p1	1,949
St 2 tkn p2	1,948
St 2 mkn p2	1,860
St 2 tkn p3	1,860
St 2 mkn p3	1,860
St 3 tkn p1	1,787
St 3 mkn p1	1,787
St 3 tkn p2	1,787
St 3 mkn p2	1,786
St 3 tkn p3	1,785
St 3 mkn p3	1,784

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
 Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
 Stasiun 1: Kawasan Taman sari
 Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
 Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Lampiran 13: Hasil Uji Spss menggunakan Analisis (one-Way ANOVA) kadar Klorofil Total pada tumbuhan *Angsana (Ptrerocarpus indicus willd L.)* Di Seputaran Kota Banda Aceh

Descriptives

Klorofil total

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Stasiun 1	6	3,72167	,042954	,017536	3,67659	3,76674	3,634	3,740
Stasiun 2	6	2,21533	,055139	,022510	2,15747	2,27320	2,165	2,266
Stasiun 3	6	2,03300	,001265	,000516	2,03167	2,03433	2,031	2,034
Total	18	2,65667	,779600	,183753	2,26898	3,04435	2,031	3,740

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Klorofil total	Based on Mean	13,434	2	15	,000
	Based on Median	6,219	2	15	,011
	Based on Median and with adjusted df	6,219	2	5,005	,044
	Based on trimmed mean	10,840	2	15	,001

ANOVA

Klorofil total

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,308	2	5,154	3163,874	,000
Within Groups	,024	15	,002		
Total	10,332	17			

Lampiran 14: Data mentah spss 25 Klorofil total

Pohon	Kadar Klorofil total
St1 tkn p1	3,740
St 1 mkn p1	3,740
St 1 tkn p2	3,739
St 1 mkn p2	3,739
St 1 tkn p3	3,738
St 1 mkn p3	3,634
St2 tkn p1	2,266
St 2 mkn p1	2,266
St 2 tkn p2	2,265
St 2 mkn p2	2,165
St 2 tkn p3	2,165
St 2 mkn p3	2,165
St 3 tkn p1	2,034
St 3 mkn p1	2,034
St 3 tkn p2	2,034
St 3 mkn p2	2,033
St 3 tkn p3	2,032
St 3 mkn p3	2,031

Keterangan: Tkn : Daun Tua klorosis Nekrosis
Mkn : Daun Muda klorosis Nekrosis
Stasiun 1: Kawasan Taman sari
Stasiun 2: Jalan medan Banda Aceh, Kampong Lampreh Lamteungoh
Stasiun 3: Jalan bandara sultan Iskandar muda, Kampong Blang

Lampiran 15: Perhitungan f tabel

$Df1 = k-1$

$Df2 = n-k$

Keterangan : k : jumlah variabel bebas+terkait

N : jumlah observasi/sampel

$Df1 = 3-1 = 2$

$Df2 = 18- 3=15$

Disesuaikan dengan gambar berikut : diperoleh 3,68

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.96	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.98	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

Lampiran 16: Lembar kuesioner Penilaian Produk Hasil Penelitian

Hal : Permohonan Validasi

Darussalam. 02 MEI 2024

Kepada Yth

Eriawati, S.Pd.I., M.Pd.

Di-

Tempat

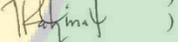
Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan Hormat

Saya Yang Bertanda Tangan Di Bawah Ini:

Nama : Rafif Sidqie
 NIM : 180207082
 Prodi : Pendidikan Biologi
 Alamat : Baet, Baitussalm, Aceh besar, Lorong T abdullah
 No. Hp : 0822-1752-7076

Dosen pembimbing skripsi :

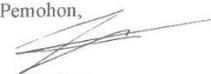
Pembimbing I : Mulyadi ,S.Pd., M.Pd ()
 Pembimbing II : Lina Rahmawati S,Si.,M,Si. ()

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan strata I (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh penulis melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul “Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kawasan kota banda aceh Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan”

Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai Booklet tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan. Demikian surat ini saya sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya saya ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pemohon,


 Rafif sidqie
 NIM 180207082

III. Deskripsi Skor

- 1 = Tidak Layak
- 2 = Kuarang Layak
- 3 = Cukup Layak
- 4 = Layak
- 5 = Sangat Layak

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

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

A. Aspek Kelayakan Kefrafikan

Indikator Penilaian	Butir Penilaian	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Ukuran Buku Ajar	1. Kesesuaian ukuran Booklet dengan standar ISO (A4/A5/B5)				✓	
	2. Kesesuaian ukuran dengan materi isi Booklet				✓	
Desain Sampul Buku Ajar (Cover)	3. Penampilan unsur tata letak pada sampul muka, belakang dan punggung sampul secara harmonis memiliki irama dan kesatuan serta konsisten				✓	
	4. Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi				✓	
	5. Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca				✓	
	a. Ukuran huruf judul booklet lebih dominan dan proporsional dibandingkan ukuran booklet, nama pengarang				✓	
	b. Warna judul Booklet kontras dengan warna latar belakang				✓	
	6. Tidak menggunakan terlalu banyak kombinasi huruf				✓	

Desain Buku Ajar	7. Konsisten tata letak					✓	
	a. Penggunaan unsur tata letak konsisten berdasarkan pola					✓	
	b. Pemisahan antar paragraf jelas					✓	
	8. Unsur tata letak harmonis					✓	
	a. Bidang cetak dan margin proporsional					✓	
	b. Spasi antar teks dan ilustrasi sesuai					✓	
	9. Tipografi isi Booklet sederhana					✓	
	a. Tidak menggunakan terlalu banyak jenis huruf					✓	
	b. Penggunaan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>all capital</i> , <i>smal capital</i>) tidak berlebihan					✓	
	c. Spasi antar baris susunan teks normal					✓	
	d. Spasi antar huruf normal					✓	

Komentar dan Saran

.....

.....

.....

Kesimpulan

.....

.....

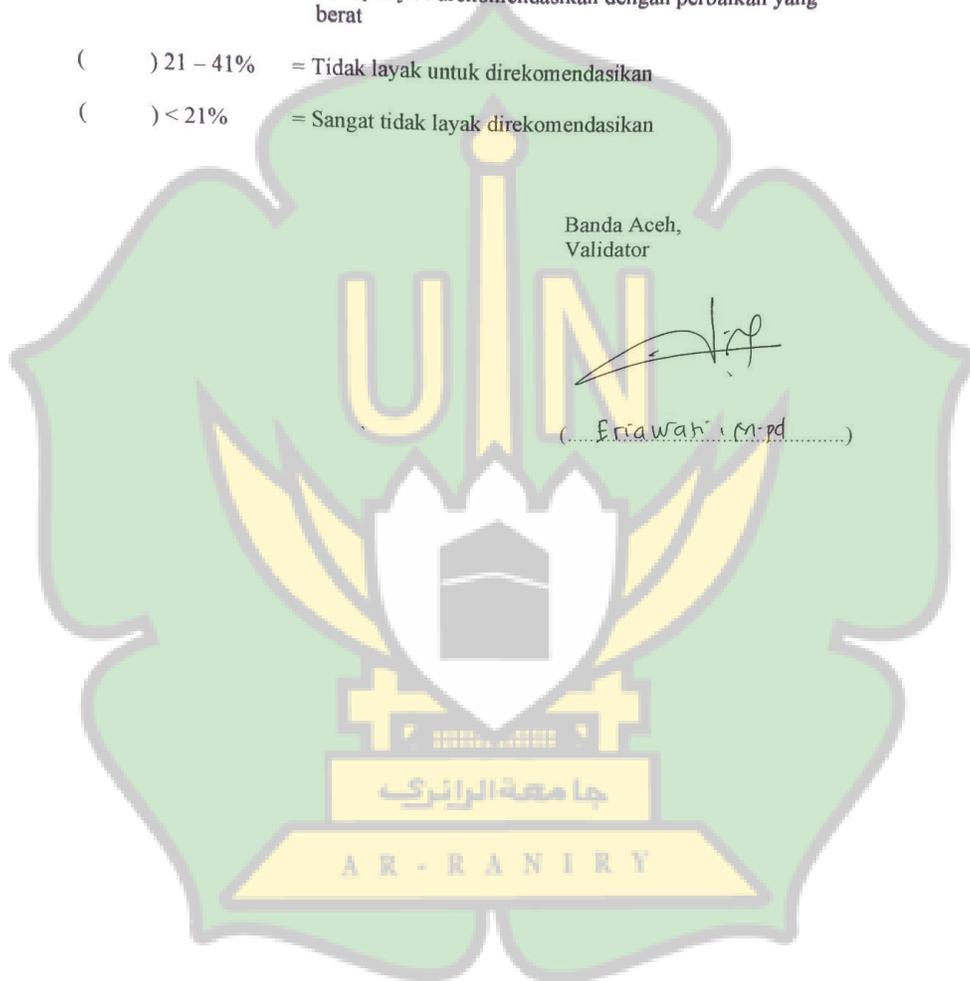
.....

() 81 – 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar.

- () 61 – 80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan
- () 41 – 61% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat
- () 21 – 41% = Tidak layak untuk direkomendasikan
- () < 21% = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh,
Validator


(.....Eriawati Mpd.....)



Hal : Permohonan Validasi

Darussalam. 02 MEI 2024
Kepada Yth
Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd
Di-

Tempat

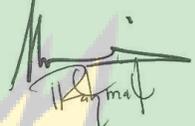
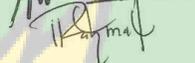
Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan Hormat

Saya Yang Bertanda Tangan Di Bawah Ini:

Nama : Rafif Sidqie
NIM : 180207082
Prodi : Pendidikan Biologi
Alamat : Baet ,Baitussalm, Aceh besar, Lorong T abdullah
No. Hp : 0822-1752-7076

Dosen pembimbing skripsi :

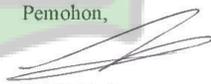
Pembimbing I : Mulyadi ,S.Pd., M.Pd ()
Pembimbing II : Lina Rahmawati S,Si.,M,Si. ()

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan strata I (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh penulis melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul “Analisis Kadar Klorofil Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus willd L.*) Di Seputaran Kawasan kota banda aceh Sebagai Bioindikator Udara Pada Mata Kuliah Ekologi Dan Problematika Lingkungan”

Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai Booklet tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan. Demikian surat ini saya sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya saya ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pemohon,


Rafif sidqie
NIM 180207082

I. Deskripsi Skor

- 1 = Tidak Layak
 2 = Kuarang Layak
 3 = Cukup Layak
 4 = Layak
 5 = Sangat Layak

II. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

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

A. Aspek Kelayakan Isi

Indikator Penilaian	Butir Penilaian	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Cakupan Materi	1. Kelengkapan materi				✓	✓
	2. Keluasan materi				✓	✓
	3. Kedalaman materi				✓	
Keakuratan Materi	4. Keakuratan konsep dan definisi					✓
	5. Keakuratan fakta dan data					✓
	6. Keakuratan gambar					✓
	7. Keakuratan istilah-istilah					✓

B. Aspek Kelayakan Penyajian

Indikator Penilaian	Butir Penilaian	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Teknik Penyajian	1. Keruntutan konsep				✓	
Pendukung Penyajian	2. Pengantar					✓
	3. Daftar Pustaka					✓

C. Aspek Kelayakan Bahasa

Indikator Penilaian	Butir Penilaian	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Lugas	1. Ketetapan struktur kalimat					✓
	2. keefektifan kalimat				✓	
	3. Kebakuan istilah					✓
Komunikatif	4. Pemahaman terhadap pesan atau informasi					✓
Kesesuaian dengan kaidah bahasa	5. Ketepatan tata bahasa					✓
	6. Ketepatan ejaan					✓

Komentar dan Saran

.....

Kesimpulan

layak untuk digunakan sebagai buku

- () 81 – 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar.
- () 61 – 80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan
- () 41 – 61% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat
- () 21 – 41% = Tidak layak untuk direkomendasikan
- () < 21% = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh,
 Validator

Samsul Hamid
 (.....)

Lampiran 17: kegiatan penelitian



Gambar: Kawasan taman sari



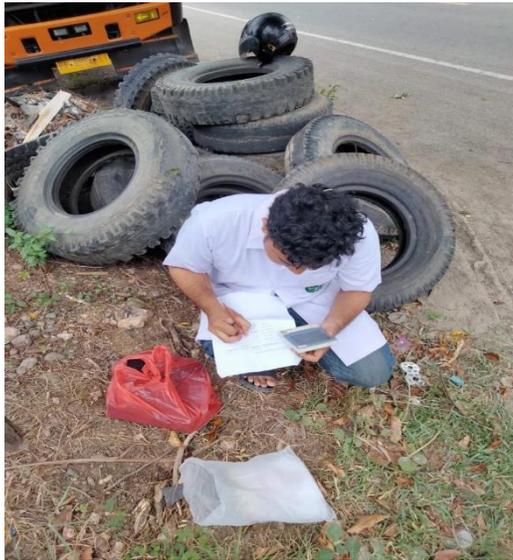
Gambar: kawasan bandara



Gambar: Kawasan lambaro



Gambar: proses pengambilan sampel



Gambar: pengukuran faktor fisik dan kimia



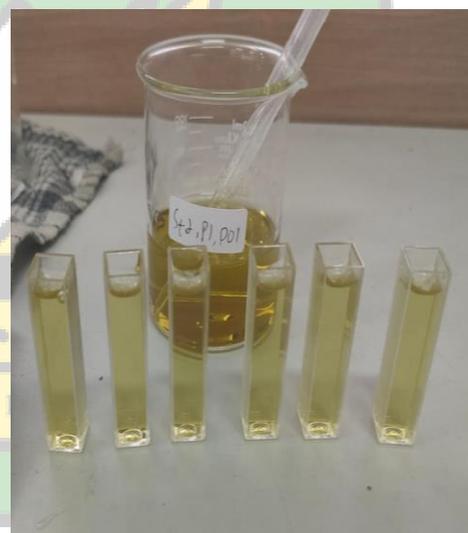
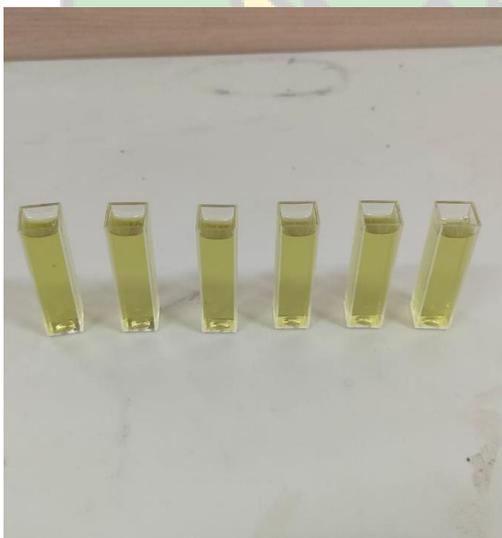
Gambar: Penimbangan daun angkana



Gambar: Menggerus daun angsana



Gambar: Menyaring ekstrak Klorofil



Gambar: Ekstrak Klorofil daun Angsana