

**ESTIMASI STOK KARBON PADA TUMBUHAN MANGROVE
DI KECAMATAN KUTA RAJA KOTA BANDA ACEH
SEBAGAI REFERENSI TAMBAHAN MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan Oleh

**DUWI KHARTIKA
NIM. 180207001
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1443 H**

**ESTIMASI STOK KARBON PADA TUMBUHAN MANGROVE
DI KECAMATAN KUTA RAJA KOTA BANDA ACEH
SEBAGAI REFERENSI TAMBAHAN MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai Beban Studi untuk Memperoleh Gelar Sarjana
pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh

DUWI KHARTIKA

NIM. 180207001

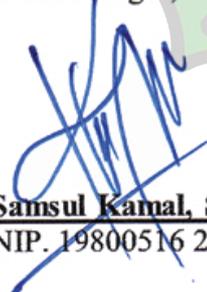
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi

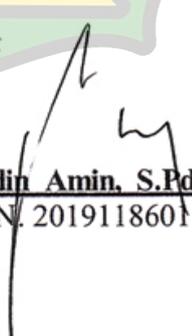
Disetujui Oleh

جامعة الرانيري

Pembimbing I,

AR-RANIRY Pembimbing II,


Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19800516 201101 1 007


Nurdin Amin, S.Pd.I., M.Pd.
NIDN. 2019118601

**ESTIMASI STOK KARBON PADA TUMBUHAN MANGROVE
DI KECAMATAN KUTA RAJA KOTA BANDA ACEH
SEBAGAI REFERENSI TAMBAHAN MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

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

Pada Hari/Tanggal :

Kamis, 7 Juli 2022 M
7 Zulhijah 1443 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd.

Wardinal, S.Pd.I., M.Si.

NIP. 198005162011011007

NIP. 201801200819851078

Penguji I,

Penguji II,

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

Mulvadi, S.Pd.I., M.Pd.

NIDN/ 2019118601

NIP. 198212222009041008

Mengetahui,

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



Dr. Muslim Razali, S.H., M.Ag

NIP. 195903091989031001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Duwi Khartika
NIM : 180207001
Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi : Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

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

جامعة الرانيري
A R - R A N I R Y

Banda Aceh, 28 Juni 2022
Yang Menyatakan,



Duwi Khartika
Duwi Khartika

ABSTRAK

Nama : Duwi Khartika
NIM : 180207001
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Biologi
Judul : Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan
Tanggal Sidang : 7 Juli 2022
Tebal Skripsi : 134 Halaman
Pembimbing I : Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd.
Pembimbing II : Nurdin Amin, S.Pd.I., M.Pd.
Kata Kunci : Tumbuhan Mangrove, Stok Karbon, Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

Tumbuhan mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Salah satunya terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang memiliki fungsi ekologis sebagai penyimpan karbon. Tujuan penelitian ini yaitu (1) Untuk mengetahui komposisi jenis tumbuhan mangrove, (2) menghitung stok karbon pada tumbuhan mangrove, dan (3) mengetahui kelayakan *output* yang dihasilkan sebagai referensi mata kuliah ekologi tumbuhan dari penelitian “Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh“. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang menggunakan metode survey dengan cara peletakan sampel secara *purposive sampling* kemudian ditetapkan *line transek* dengan panjang 10 m x 50 m. Analisis data komposisi jenis dan deskripsi tumbuhan mangrove dianalisis secara deskriptif kualitatif, sedangkan perhitungan stok karbon dan kelayakan buku ajar menggunakan teknik analisis kuantitatif, yaitu dengan rumus alometrik stok karbon dan rumus kelayakan *output*. Hasil penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh terdapat 16 jenis tumbuhan mangrove. Estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebesar 1,499 Kg/Ha dengan biomassa sebesar 3,260 Kg/Ha. Hasil uji kelayakan buku ajar yang didapatkan dari dosen ahli materi diperoleh skor total 84,61% (sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar) dan dosen ahli media diperoleh total skor 80% (layak). Sehingga diperoleh rata-rata total skor validasi ahli materi dan ahli media sebesar 82,3% yang dikategorikan sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang nantinya dapat digunakan sebagai referensi tambahan pada mata kuliah Ekologi Tumbuhan.

KATA PENGANTAR



Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan skripsi yang berjudul **“Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”** dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat beriring salam penulis hantarkan kepada panutan umat, Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat yang telah membawa manusia dari zaman jahiliah ke zaman islamiyah.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian skripsi ini, diantaranya kepada:

1. Bapak Dr. Muslim Razali, S.H., M.Ag., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, sekaligus Penasehat Akademik serta Pembimbing

I skripsi yang telah membimbing, memberi nasehat, dan arahan serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

3. Bapak Nurdin Amin, S.Pd.I., M.Pd., selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan memberi arahan serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak/Ibu staf pengajar serta asisten Program Studi Pendidikan Biologi yang telah membimbing, memberi nasehat, dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Teman-teman seperjuangan, khususnya Aisyah Keumala, Annisa Rofifah, Fatma Suri, Herna Rizka Putri, Icha Sa'idah Zahara, Liana Fitri, Wittria Elvita, Aflaiyah, Nurul Huda Syawalilda, Safriadi, dan Kak Elsie Nurlidza Razma yang telah membantu penulis dalam penelitian dan memberi dukungan serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Serta seluruh angkatan 2018 Prodi Pendidikan Biologi, terutama Unit 01 yang tidak dapat penulis tulis satu per satu.

Teristimewa untuk kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Khairuddin dan Ibu Dewi Susilawaty, serta abang dari Penulis, Bayu Rahmansyah, yang selalu berdo'a, memberi nasihat, dan mendukung penulis dari awal sampai terselesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Akhirul kalam, kepada Allah penulis berserah diri semoga selalu dilimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin ya rabbal 'alamin.

Banda Aceh, 12 Desember 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	8
E. Definisi Operasional	8
BAB II : KAJIAN PUSTAKA	
A. Estimasi Stok Karbon	12
1. Karbon di atas Permukaan Tanah	13
2. Karbon di dalam Tanah	14
B. Tumbuhan Mangrove.....	15
1. Ciri-ciri Tumbuhan Mangrove.....	15
2. Peran Tumbuhan Mangrove sebagai Penyerap Karbon	18
3. Jenis Tumbuhan Mangrove	19
C. Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.....	22
D. Pemanfaatan Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan.....	25
1. Uji Kelayakan	27
BAB III : METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	28
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
C. Alat dan Bahan.....	29
D. Populasi dan Sampel Penelitian	30
E. Prosedur Penelitian	31
F. Parameter Penelitian	34
G. Instrumen Penelitian	34
H. Analisis Data.....	34

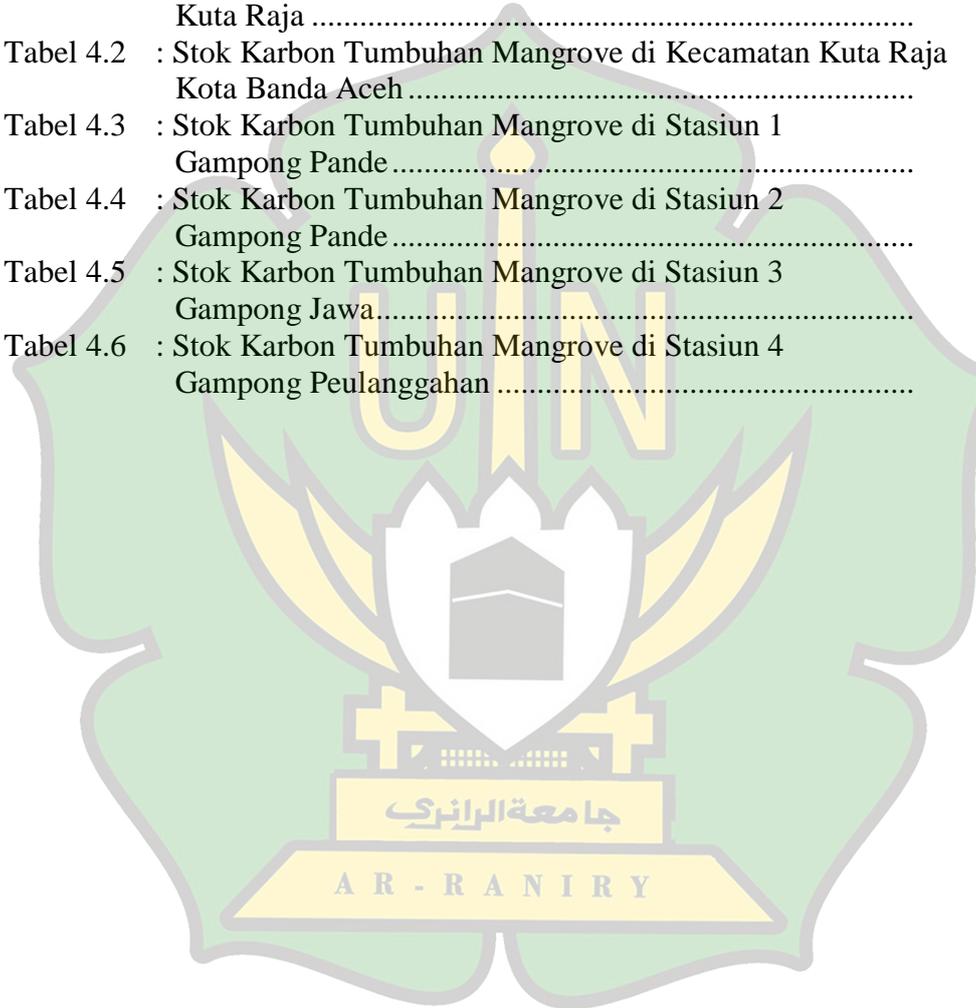
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian.....	38
1. Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	38
2. Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	73
3. Uji Kelayakan <i>Output</i> Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan	77
B. Pembahasan	81
1. Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	81
2. Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	87
3. Uji Kelayakan <i>Output</i> Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan	94
BAB V : PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	96
B. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN-LAMPIRAN	102
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	121

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	: Persamaan Allometrik Beberapa Spesies Mangrove	9
Tabel 3.1	: Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	29
Tabel 3.2	: Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	30
Tabel 3.3	: Persamaan Allometrik Beberapa Spesies Mangrove	36
Tabel 3.4	: Kategori Kelayakan Produk	37
Tabel 4.1	: Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	38
Tabel 4.2	: Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.....	73
Tabel 4.3	: Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1 Gampong Pande	75
Tabel 4.4	: Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2 Gampong Pande	75
Tabel 4.5	: Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3 Gampong Jawa.....	76
Tabel 4.6	: Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4 Gampong Peulanggahan	77

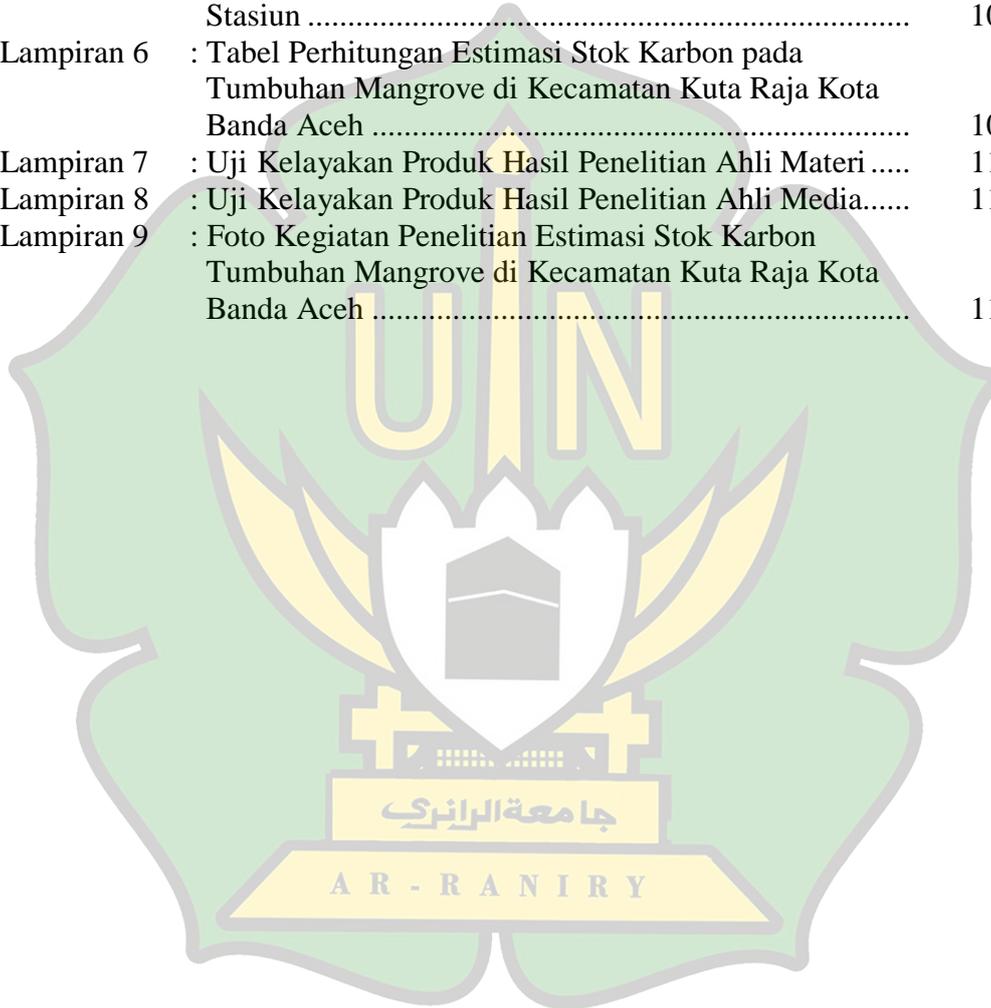


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Tipe Perakaran Mangrove	17
Gambar 2.2	: <i>Avicennia marina</i>	20
Gambar 2.3	: <i>Rhizophora</i>	20
Gambar 2.4	: Nipah	21
Gambar 2.5	: <i>Ficus microcarpus</i>	21
Gambar 3.1	: Peta Penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh	29
Gambar 3.2	: Titik Pengambilan Stasiun Penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh	32
Gambar 4.1	: Grafik Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1	39
Gambar 4.2	: Grafik Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2	40
Gambar 4.3	: Grafik Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3	41
Gambar 4.4	: Grafik Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4	42
Gambar 4.5	: Pohon Bakau Kacang (<i>Rhizophora apiculata</i>)	44
Gambar 4.6	: Pohon Bakau Putih (<i>Rhizophora stylosa</i>)	46
Gambar 4.7	: Bakau Putih (<i>Rhizophora stylosa</i>)	48
Gambar 4.8	: Tanjung Merah (<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>)	50
Gambar 4.9	: Nipah (<i>Nypa fruticans</i>)	52
Gambar 4.10	: Pedada (<i>Sonneratia alba</i>)	54
Gambar 4.11	: Bogem (<i>Sonneratia ovata</i>)	56
Gambar 4.12	: Api-api (<i>Avicennia alba</i>)	58
Gambar 4.13	: Api-api Putih (<i>Avicennia marina</i>)	60
Gambar 4.14	: Beluntas (<i>Pluchea indica</i> L.)	61
Gambar 4.15	: Biduri (<i>Calotropis gigantea</i>)	63
Gambar 4.16	: Lembang (<i>Typha angustifolia</i>)	65
Gambar 4.17	: Paku Laut (<i>Aegiceras floridum</i>)	67
Gambar 4.18	: Tuba Laut (<i>Derris trifoliata</i>)	69
Gambar 4.19	: Berkarat Alang (<i>Fimbristylis ferruginea</i>)	71
Gambar 4.20	: Paku Laut (<i>Acrostichum aureum</i> L.)	72
Gambar 4.21	: Grafik Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Surat Keputusan Pembimbing Skripsi.....	102
Lampiran 2	: Surat Permohonan Izin Penelitian	103
Lampiran 3	: Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	104
Lampiran 4	: Surat Keterangan Bebas Laboratorium Pendidikan Biologi FTK UIN Ar-Raniry	107
Lampiran 5	: Tabel Faktor Fisika-Kimia Lingkungan pada Setiap Stasiun	108
Lampiran 6	: Tabel Perhitungan Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh	109
Lampiran 7	: Uji Kelayakan Produk Hasil Penelitian Ahli Materi	111
Lampiran 8	: Uji Kelayakan Produk Hasil Penelitian Ahli Media.....	114
Lampiran 9	: Foto Kegiatan Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh	117



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ekologi yaitu ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekologi tumbuhan merupakan ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara tumbuhan dengan lingkungannya.¹ Salah satu komponen ekologi yaitu komponen biotik yang terdiri dari manusia, hewan, dan tumbuhan. Tumbuhan berperan penting dalam menghasilkan oksigen dari proses fotosintesis, contohnya pada tumbuhan mangrove yang mempunyai kekhasan tersendiri sehingga hanya ditemukan di wilayah pesisir, bukan di daratan.²

Mangrove merupakan tumbuhan yang berada pada wilayah intertidal, dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terestrial.³ Salah satu habitat mangrove di kawasan kota Banda Aceh adalah di Kecamatan Kuta Raja. Berdasarkan hasil observasi awal yang telah dilakukan bahwa di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh banyak ditemukan tumbuhan mangrove yang cukup padat, yaitu tepatnya di Gampong Jawa dan Gampong Pande yang dekat dengan wilayah pesisir. Spesies tumbuhan mangrove yang banyak ditemukan yaitu seperti jenis bakau (*Rhizophora* sp.), *Avicennia marina*, *Calotropis gigantea*, *Pluchea indica* L. dan *Nypa fruticans*.

¹ Chairani Hanum, *Ekologi Tanaman*, (Medan: USU Press, 2009), h. 2.

² Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kota Surabaya*, (Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup, 2018), h. 2.

³ NKT Martuti, "Keanekaragaman Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang", *Jurnal MIPA*, Vol. 36, No. 2, h. 124.

Akan tetapi spesies tersebut mungkin bertambah dikarenakan belum dilakukan pendataan secara spesifik.

Berdasarkan hasil studi literatur, sebaran tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja pada tahun 2015 (setelah tsunami) dilakukan penanaman kembali dengan tetap mempertahankan jenis mangrove yang sudah ada, contohnya terdapat di Gampong Jawa yaitu seperti *Acrostichum aureum*, *Aegiceras floridum*, *Avicennia alba*, *Nypa fruticans*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris*, dan *Sonneratia ovata*.⁴

Berbagai macam tumbuhan mangrove tersebut juga berkaitan dengan firman Allah SWT pada Q.S. Thaahaa(20) ayat 53 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَدَّ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ
السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّى

Artinya: “Dia Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.”

Berdasarkan Tafsir Al-Mishbah tentang Q.S. Thaahaa(20) ayat 53 yaitu Allah menurunkan air dari langit berupa hujan, dan juga mata-mata air dan sungai-sungai serta lautan, lalu ditumbuhkan dari air itu aneka macam dan jenis tumbuhan lalu Allah SWT memberi hidayah kepada manusia untuk memakannya dan itu semua merupakan ayat-ayat yakni tanda-tanda hidayah dan pemeliharaan Allah SWT. Penumbuhan aneka tumbuhan

⁴ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, “Sebaran Mangrove Sebelum Tsunami dan Sesudah Tsunami di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh”, *Jurnal JESBIO*, Vol. 5, No. 1, (2016), h. 25-26.

dengan bermacam-macam jenis bentuk dan rasanya itu merupakan hal-hal yang sungguh menakjubkan lagi membuktikan betapa agung Penciptanya.⁵

Sehingga dari Tafsir Al-Mishbah tersebut dapat disimpulkan bahwa Allah menciptakan berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang merupakan tanda-tanda kekuasaannya-Nya, sehingga kita sebagai manusia harus selalu menjaga dan melestarikannya. Tumbuhan mangrove sebagai salah satu komponen ekosistem pesisir yang berperan penting, terutama jika dilihat dari aspek ekologisnya, yaitu perannya dalam memelihara produktivitas perairan maupun dalam menunjang perekonomian penduduk sekitar. Tumbuhan mangrove memiliki peran sebagai penyerap CO₂ dari udara. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan asimilasi dan laju penyerapan karbon yang tinggi. Sehingga dengan mengukur jumlah karbon yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tumbuhan.⁶

Hasil analisis menunjukkan bahwa tumbuhan mangrove di Indonesia rata-rata mampu menyerap 52,85 ton CO₂/ha/tahun yang lebih tinggi dua kali lipat dibandingkan estimasi global (26,42 ton CO₂/ha/tahun). Secara keseluruhan, tumbuhan mangrove di Indonesia memiliki potensi penyerapan karbon sebesar 170,18 Mt CO₂/tahun.⁷ Salah satu contohnya terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang merupakan salah satu lokasi yang banyak ditumbuhi oleh mangrove, dengan luas penyebaran masing-masing Gampong di Kecamatan Kuta

⁵ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 317-318.

⁶ Silvi Oktaviona, Bintal Amin, dan Musrifin Ghalib, "Estimasi Stok Karbon...", (Diakses pada 27 Desember 2021).

⁷ <http://oseanografi.lipi.go.id> (Diakses pada Tanggal 10 Juli 2022).

Raja yaitu Gampong Jawa dengan luas mangrove 30,36 Ha, Gampong Pande memiliki luas sebaran mangrove 15,16 Ha dan Gampong Peulanghahan 2,38 Ha.⁸ Sehingga perlu diketahui seberapa besar kontribusinya dalam penyerapan karbon bebas di udara Kota Banda Aceh.

Pelaksanaan mata kuliah Ekologi Tumbuhan selama ini sudah berjalan dengan baik, akan tetapi pada praktikum mengenai materi estimasi stok karbon masih terfokus pada tumbuhan yang terdapat di daratan (terrestrial) sedangkan tumbuhan yang habitatnya berada pada wilayah intertidal (wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terrestrial) seperti tumbuhan mangrove belum spesifik dilaksanakan.⁹ Karena tumbuhan mangrove merupakan kunci yang memberikan *service* lingkungan secara kontiniu pada alam, termasuk juga perlindungan dari badai dan tsunami. Tumbuhan mangrove juga memberikan regulasi positif untuk kualitas perairan, '*breeding*' dan juga pengasuhan habitat bagi banyak spesies dan kerang-kerangan (*fisheries*), sumber penting penghasil kayu dan produk tumbuhan lain serta biodiversitasnya, termasuk spesies langka dan hampir punah.¹⁰

Hasil wawancara dengan mahasiswa Pendidikan Biologi yang telah mengambil mata kuliah ekologi tumbuhan terutama angkatan 2018, bahwa beberapa mahasiswa juga belum mengetahui tentang stok karbon pada tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Banda Aceh. Selain itu, kurangnya referensi mengenai stok karbon pada tumbuhan mangrove

⁸ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, "Pengelolaan...", h. 19.

⁹ Hasil Wawancara langsung dengan Bapak Nurdin Amin, S.Pd.I., M.Pd. selaku Dosen Pengampu Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan Tanggal 13 Desember 2021.

¹⁰ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok...*, h. 2.

menyebabkan mahasiswa terkendala dalam memahami stok karbon pada tumbuhan mangrove. Kondisi ini menjadi dasar mengapa perlu dilakukan perhitungan stok karbon di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh, untuk mengetahui lebih dalam seberapa besar kontribusi Kecamatan Kuta Raja dalam meminimalisir terjadinya gas rumah kaca atau perubahan iklim global dengan cara menyerap karbon yang terlepas di udara.

Berdasarkan penelitian Arlin Widya Prasesa yang relevan berjudul “Keanekaragaman Jenis Bakau di Hutan Mangrove Desa Sungai Itik Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi” pada tahun 2020, bahwa di Desa Sungai Itik terdapat 6 famili yang tergolong dalam 9 jenis mangrove penyusun hutan yaitu *Sonneratia caseolaris*, *Sonneratia alba*, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum*, *Nypa fruticans*, *Acrostichum aureum*, dan *Acanthus ilifolius* dengan hasil INP tertinggi untuk tingkat semai adalah *Nypa fruticans*, tingkat anakan pohon adalah *Sonneratia alba*, dan tingkat pohon adalah *Sonneratia alba* dan *Bruguiera gymnorhiza*.¹¹

Perbedaan penelitian yang ingin dilakukan dengan penelitian sebelumnya yaitu lokasi penelitian berada di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sedangkan penelitian Arlin Widya Prasesa dilakukan di Provinsi Jambi yang hanya menghitung keanekaragaman jenis bakau. Sementara dalam penelitian ini juga menghitung estimasi stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.

¹¹ Arlin Widya Prasesa, “Keanekaragaman Jenis Bakau di Hutan Mangrove Desa Sungai Itik Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi”, (Skripsi), 2020, h. 58.

Selanjutnya hasil penelitian terdahulu yang relevan dari Tomi Baruna, Dwi Astiani, dan Herlina Darwati pada tahun 2017 yang berjudul “Pendugaan Stok Karbon di Kawasan Hutan Pendopo Gubernur Kota Pontianak” bahwa berdasarkan hasil penelitian mengenai pengukuran karbon tersimpan (*carbon stock*) di kawasan hutan kota Pendopo Gubernur dapat disimpulkan bahwa dengan luasan 3,2 ha terdapat 38 jenis tumbuhan yang cukup bervariasi dengan jumlah 584 individu, biomassa dengan rata-rata sebesar 140,62 ton/ha, sedangkan untuk stok karbon rata-rata sebesar 70,27 ton/ha.¹²

Perbedaan penelitian yang ingin dilakukan dengan penelitian sebelumnya yaitu lokasi penelitian berada di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sedangkan penelitian Tomi Baruna, Dwi Astiani, dan Herlina Darwati dilakukan di Kawasan Hutan Pendopo Gubernur Kota Pontianak yang menghitung karbon tersimpan pada tumbuhan yang habitatnya di daratan. Sementara dalam penelitian ini menghitung estimasi stok karbon tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh. Sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut guna meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove dan diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam proses perkuliahan khususnya pada mata kuliah ekologi tumbuhan.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang **“Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”**.

¹² Tomi Baruna, Dwi Astiani, dan Herlina Darwati, “Pendugaan Stok Karbon di Kawasan Hutan Pendopo Gubernur Kota Pontianak”, *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 5, No. 2, (2017), h. 555.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah adalah:

1. Jenis mangrove apa saja yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh?
2. Berapakah stok karbon yang terdapat pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh?
3. Bagaimana uji kelayakan *output* yang dihasilkan sebagai referensi tambahan mata kuliah ekologi tumbuhan dari penelitian “Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh”?

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan di atas, tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui komposisi jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.
2. Untuk menghitung stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.
3. Untuk mengetahui kelayakan *output* yang dihasilkan sebagai referensi mata kuliah ekologi tumbuhan dari penelitian “Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh”.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dalam penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tambahan bagi mahasiswa dan peneliti lain tentang jenis, biomassa dan stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.

2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan untuk mata kuliah dan praktikum ekologi tumbuhan. Mahasiswa dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sehingga bisa memahami jenis, biomassa dan stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.

E. Definisi Operasional

1. Stok Karbon

Stok karbon adalah proses penimbunan karbon di dalam tubuh tumbuhan hidup yang juga dinamakan proses sekuestrasi (proses penangkapan dan penyimpanan karbon) atau dikenal dengan nama *carbon sequestration*. Melalui proses fotosintesis, CO₂ diserap tumbuhan dan diubah menjadi karbohidrat yang kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tumbuhan dan akhirnya ditimbun dalam akar, batang, dan daun.¹³ Stok karbon yang

¹³ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 19-20.

dimaksud yaitu pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang berada di Gampong Jawa, Gampong Pande, dan Gampong Peulanggahan yang menyimpan karbon (stok karbon) dalam bentuk biomassa. Stok karbon tumbuhan mangrove yang dihitung estimasinya pada bagian atas (*aboveground biomass*), dengan parameter yang digunakan adalah daun, ranting, cabang, dan batang utama dengan menggunakan “*alometric equation*” seperti Tabel 1.1 di bawah ini:

Tabel 1.1 Persamaan Allometrik Beberapa Spesies Mangrove

Spesies	Persamaan alometrik
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_r = 0,1466 * DBH^{2,3136}$
<i>Rhizophora stylosa</i>	$W_r = 0,9789 * DBH^{2,6848}$
<i>Avicennia alba</i>	$W_r = 0,079211 * DBH^{2,470895}$
<i>Avicennia marina</i>	$W_r = 0,2901 * DBH^{2,2605}$
<i>Sonneratia alba</i>	$W_r = 0,825 * DBH^{0,89}$
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W_r = 0,235 * DBH^{2,42}$
Persamaan umum	$W_r = 0,168 * \rho * DBH^{2,47}$ ¹⁴

Seluruh data dari keempat parameter tersebut akan menjadi data *aboveground biomass* dan kemudian dianalisis lanjut untuk diperoleh prediksi kandungan karbon yang berhasil disimpan.

2. Tumbuhan Mangrove

Tumbuhan mangrove adalah pohon-pohonan yang tumbuh di daerah payau pada tanah aluvial atau pertemuan air laut dan air tawar di sekitar muara sungai. Tumbuhan mangrove yang dimaksud yaitu berada di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang terdapat di Gampong Jawa, Gampong Pande, dan Gampong Peulanggahan untuk dihitung estimasi stok

¹⁴ Ahmad Ibrahim dan Firman Farid Muhsoni, “Estimasi Stok Karbon pada Ekosistem Mangrove di Desa Lembung Paseser, Kecamatan Sepuluh, Kabupaten bangkalan”, *Juvenil*, Vol. 1, No. 4, (2020), h. 500.

karbon yang tersimpan pada biomassa bagian atas (*aboveground biomass*) dengan parameter yang digunakan adalah daun, ranting, dan juga batang utama.

3. Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan merupakan mata kuliah prasyarat yang terdiri dari 3 (1) SKS dengan 1 SKS praktikum yang dikaji pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Referensi yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu *output* berupa buku ajar yang dapat dimanfaatkan sebagai referensi tambahan untuk mata kuliah ekologi tumbuhan.

4. Kecamatan Kuta Raja

Kecamatan Kuta Raja merupakan daerah yang dekat dengan pesisir pantai dan termasuk wilayah intertidal, dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terestrial. Lokasi yang menjadi stasiun untuk diukur stok karbon tumbuhan mangrove dalam penelitian ini adalah lokasi yang termasuk pada beberapa titik di Gampong Kecamatan Kuta Raja. Stasiun 1 dan 2 berada di Gampong Pande, stasiun 3 berada di Gampong Jawa, dan stasiun 4 berada di Gampong Peulanggahan.

5. Uji Kelayakan *Output*

Uji kelayakan merupakan penilaian oleh ahli materi yang meliputi aspek kelayakan isi dan aspek pengembangan serta penilaian oleh ahli media yang meliputi aspek kelayakan penyajian dan aspek kelayakan kegrafikan.¹⁵

¹⁵ Samsul Arifin, dkk, "Uji Kelayakan...", h. 136.

Uji kelayakan yang dimaksud yaitu untuk menguji kelayakan *output* yang dihasilkan berupa buku ajar mengenai estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove oleh ahli media untuk mengetahui layak atau tidaknya digunakan oleh mahasiswa sebagai referensi tambahan mata kuliah Ekologi Tumbuhan.



BAB II **KAJIAN PUSTAKA**

A. Estimasi Stok Karbon

Estimasi stok karbon merupakan perkiraan seberapa besar potensi tumbuhan dalam melakukan *stocking* karbon sebagai bentuk dari minimasi efek pemanasan global.¹⁶ Hutan alami merupakan penyimpanan karbon (C) tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan (SPL) pertanian, dikarenakan keragaman pohonnya yang banyak. Tumbuhan memerlukan sinar matahari, gas asam arang (CO₂) yang diserap dari udara serta air dan hara yang diserap dari dalam tanah untuk kelangsungan hidupnya. Melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dan diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, ranting, bunga dan buah.¹⁷

Proses penimbunan C dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses sekuestrasi (*C-sequestration*). Mengukur jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Sedangkan pengukuran C yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromasa) secara tidak langsung menggambarkan CO₂ yang tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran.¹⁸

¹⁶ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 4.

¹⁷ Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 28.

¹⁸ Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 4.

Tanaman atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun di kebun campuran (agroforestri) merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan C (rosot C = C *sink*) yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim. Dengan demikian, hutan alami dengan keragaman jenis pepohonan berumur panjang dan seresah yang banyak merupakan gudang penyimpan C tertinggi (baik di atas maupun di dalam tanah). Tumbuhan juga melepaskan CO₂ ke udara lewat respirasi dan dekomposisi (pelapukan) seresah, namun pelepasannya terjadi secara bertahap, tidak sebesar bila ada pembakaran yang melepaskan CO₂ sekaligus dalam jumlah yang besar. Mempertahankan keutuhan hutan alami, menanam pepohonan pada lahan-lahan pertanian dan melindungi lahan gambut sangat penting untuk mengurangi jumlah CO₂ yang berlebih di udara. Jumlah 'C tersimpan' dalam setiap penggunaan lahan tanaman, seresah dan tanah, biasanya disebut juga sebagai 'cadangan C'.¹⁹

Ada empat parameter utama yang bisa digunakan untuk melakukan perhitungan stok karbon, yaitu *aboveground* dan *belowground* (fokus pada biomasnya), *litter* (meliputi seresah dan kayu mati) serta tanah.²⁰ Komponen C tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

1. Karbon di Atas Permukaan Tanah

a. Biomassa Pohon

Proporsi terbesar penyimpanan C di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama

¹⁹ Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 5.

²⁰ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h.

pengukuran, biomassa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan alometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang.

b. Biomassa Tumbuhan Bawah

Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang < 5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomassa untuk dihitung stok karbonnya dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan).

c. Nekromasa

Batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah.

d. Seresah

Seresah meliputi bagian tanaman yang telah gugur, berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.²¹

2. Karbon di Dalam Tanah

a. Biomassa Akar

Akar mentransfer C dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah dan keberadaannya dalam tanah bisa cukup lama. Biomassa akar dapat diestimasi berdasarkan diameter akar proksimal, sama dengan cara untuk mengestimasi biomassa pohon yang didasarkan pada diameter batang.

²¹ Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 10.

b. Bahan Organik Tanah

Sisa tumbuhan yang ada di permukaan tanah dan di dalam tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah.²²

B. Tumbuhan Mangrove

Mangrove adalah vegetasi tumbuhan yang tumbuh diantara garis pasang surut, tetapi juga dapat tumbuh pada pantai karang, pada dataran koral mati yang di atasnya ditimbuni selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur atau pantai berlumpur. Mangrove merupakan suatu tempat yang bergerak akibat adanya pembentukan tanah lumpur dan daratan secara terus-menerus sehingga secara perlahan berubah menjadi semi daratan.²³ Mangrove adalah tumbuhan yang hidup di daerah payau pada tanah aluvial atau pertemuan air laut dan air tawar di sekitar muara sungai. Tumbuhan di hutan mangrove bersifat unik karena merupakan gabungan dari ciri-ciri tumbuhan yang hidup di darat dan di laut.²⁴

1. Ciri-Ciri Tumbuhan Mangrove

Tumbuhan mangrove banyak ditemukan di pantai-pantai teluk yang dangkal, estuaria, delta dan pantai yang terlindung. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan bersubstrat lumpur. Mangrove memiliki akar-akar khusus yang berfungsi sebagai penyangga sekaligus

²² Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 10-11.

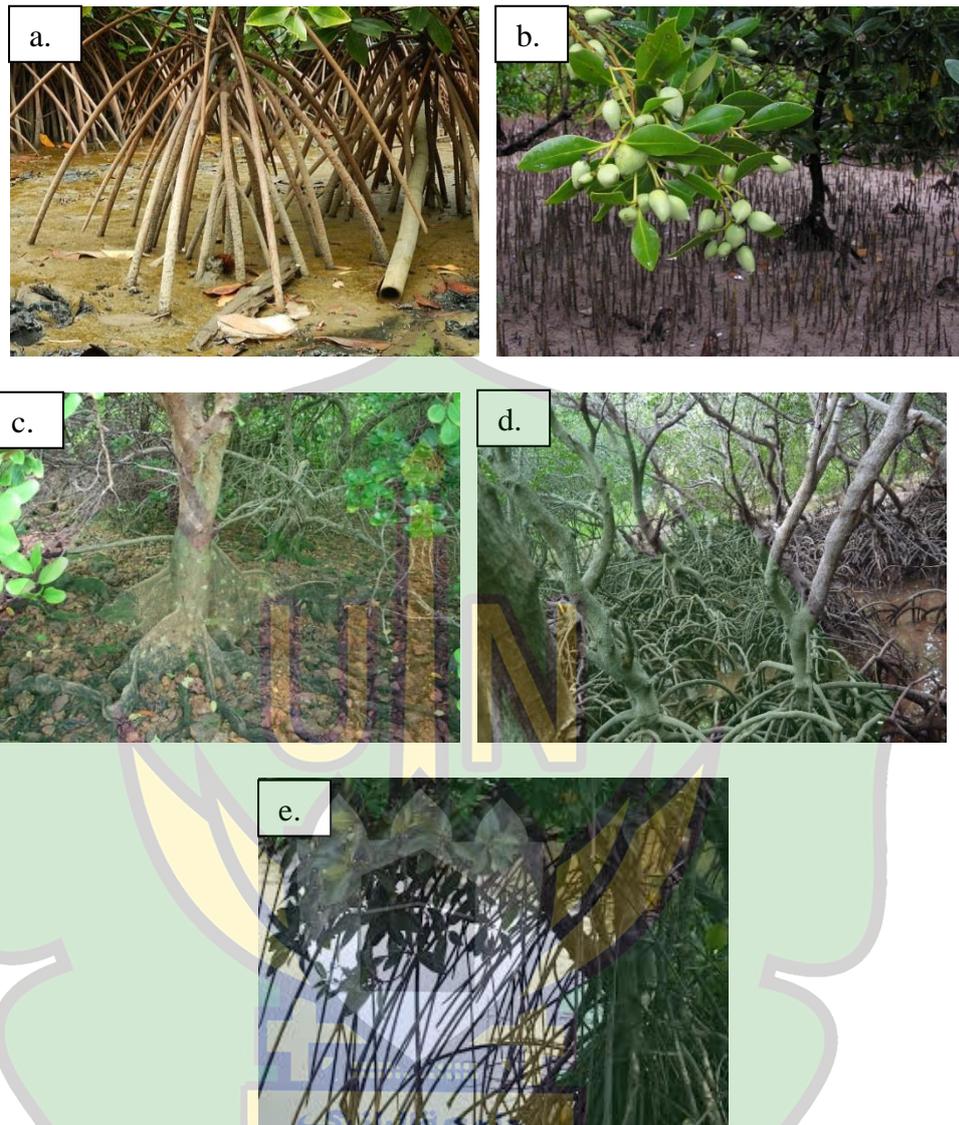
²³ Sukirman Rahim dan Dewi Wahyuni K. Baderan, *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*, (Yogyakarta: Deepublish, 2017), h. 1.

²⁴ Ragil Hendro Prastomo, Ratna Herawatiningsih, dan Siti Latifah, "Keanekaragaman...", (2017), h. 556.

penyerap oksigen dari udara di permukaan air secara langsung. Tipe perakaran mangrove terdiri dari 5, yaitu:

- a. Akar tongkat (akar tunjang; akar egrang; *prop root*; *stilt root*), akar ini merupakan modifikasi dari cabang batang yang menancap pada substrat.
- b. Akar cakar ayam (akar pasak; akar napas; *pneumatophore*), bentuknya berupa akar yang muncul dari akar kabel yang mencuat ke atas setinggi 10-30 cm dari permukaan substrat.
- c. Akar papan (*buttress root*), akar ini mirip dengan akar tongkat, akan tetapi bentuknya melebar dan melempeng.
- d. Akar lutut (*knee root*), akar ini adalah modifikasi dari akar kabel yang tumbuh ke arah substrat dan melengkung agar menancap pada substrat.
- e. Akar gantung (*aerial root*), akar ini tidak bercabang dan muncul dari batang atau cabang bagian bawah, tetapi biasanya tidak mencapai substrat.²⁵

²⁵ Sukirman Rahim dan Dewi Wahyuni K. Baderan, *Hutan Mangrove...*, h. 2-3.



Gambar 2.1 Tipe Perakaran Mangrove: a) Akar tunjang pada *Rhizophora*, b) *Pneumatophore* pada *Avicennia marina*, c) Akar papan pada *Xylocarpus granatum*, d) Akar lutut pada *Bruguiera gymnorrhiza*, e) Akar gantung pada *Avicennia marina*.²⁶

Tumbuhan mangrove memiliki ciri yang dikenal dengan istilah xeromorfik, yaitu menahan air yang berkadar garam rendah untuk tetap berada dalam organ tumbuhan mangrove. Daun mangrove memiliki beberapa karakteristik yang berkaitan dengan fungsi menahan atau menyimpan air yang

²⁶ Rignolda Djamaluddin, *Mangrove (Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi)*, (Manado: Unstrat Press, 2018), h. 47.

berkadar garam rendah. Daun mangrove pada bagian atasnya dilapisi oleh lapisan lilin kutikel yang tebal sehingga dapat memperlambat proses evaporasi. Ciri lain daun mangrove yaitu berair (*succulent*) dan bervariasi menurut kadar salinitas dan umur daun.²⁷

2. Peran Tumbuhan Mangrove sebagai Penyerap Karbon

Tumbuhan mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Salah satu fungsi ekologis mangrove adalah sebagai penyimpan karbon. Rosot karbondioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis, dan kerapatan setiap jenis pohon. Biomassa dan rosot karbon pada mangrove merupakan salah satu manfaat mangrove di luar potensi biofisik lainnya, seperti penyerap dan penyimpan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara. Ekosistem mangrove memiliki peranan yang penting dalam mengurangi efek gas rumah kaca sebagai mitigasi perubahan iklim karena mampu mereduksi CO₂ melalui mekanisme “*sekuestrasi*”, yaitu penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya dalam bentuk biomassa.²⁸

Nilai karbon yang terkandung pada vegetasi mangrove merupakan potensi dari mangrove dalam menyimpan karbon (stok karbon) dengan bentuk biomassa. Perhitungan stok karbon dalam suatu ekosistem mangrove dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan mangrove tersebut dalam menyerap gas-gas yang menyebabkan pemanasan global. Adanya upaya yang

²⁷ Rignolda Djamaluddin, *Mangrove...*, h. 49.

²⁸ Rahman, dkk, *Metode dan Analisis...*, h. 20.

dilakukan untuk mengendalikan konsentrasi karbon di atmosfer, maka dapat digunakan untuk mengurangi jumlah CO₂ di atmosfer.²⁹ Tiap hektar tumbuhan mangrove dapat menyimpan karbon empat kali lebih banyak dibanding dengan tumbuhan lainnya. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap karbon bahkan mencapai 296 ton C/ha.³⁰

3. Jenis Tumbuhan Mangrove

Tumbuhan mangrove terdiri dari jenis-jenis pohon *Avicennia*, *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Ceriops*, *Sonneratia*, *Excoecaria*, *Aegiceros*, *Lumnitzera*, *Xylocarpus*, *Scyphyphora*, dan *Nipa*. Macam-macam tumbuhan mangrove yang ditemukan di hutan mangrove Indonesia sekitar 89 jenis yang terdiri dari 35 jenis pohon, 9 jenis liana, 5 jenis terpa, 29 jenis epifit, 9 jenis perdu, dan 2 jenis parasit. Jenis mangrove di Indonesia yang banyak ditemukan yaitu jenis Api-api (*Avicennia* sp.), Tancang (*Bruguiera* sp.), Bakau (*Rhizophora* sp.), dan Pedada (*Sonneratia* sp.) adalah tumbuhan mangrove utama yang banyak ditemukan. Jenis-jenis mangrove tersebut merupakan kelompok mangrove yang menahan endapan, menangkap, dan menstabilkan tanah habitatnya.³¹

Tipe vegetasi mangrove terbagi atas empat bagian, di antaranya:

- a. Mangrove terbuka, yaitu mangrove yang berada pada bagian yang berhadapan dengan laut. Contohnya adalah *Avicennia marina*.

²⁹ Andin Irsadi, Nana Kariada Tri Martuti, dan Satya Budi Nugraha, "Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang, *Jurnal Sainteknol*, Vol. 15, No. 2, (2017), h. 119-120.

³⁰ Sukirman Rahim dan Dewi Wahyuni K. Baderan, *Hutan Mangrove...*, h. 5.

³¹ Sukirman Rahim dan Dewi Wahyuni K. Baderan, *Hutan Mangrove...*, h. 6.



Gambar 2.2 *Avicennia marina*³²

- b. Mangrove tengah, yaitu mangrove yang berada di belakang mangrove zona terbuka. Contohnya didominasi oleh *Rhizophora*.



Gambar 2.3 *Rhizophora*³³

- c. Mangrove payau, yaitu mangrove yang berada disepanjang sungai berair payau hingga air tawar. Lokasi ini didominasi oleh *Nypa* atau *Sonneratia*.

³²https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.newindianexpress.com%2Ftopic%2FAvicennia_marina, (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).

³³<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Ftegardanserentak.blogspot.com%2F2011%2F06%2Frhizophora-r-mucronata-r-stylosa> (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).



Gambar 2.4 Nipah³⁴

d. Mangrove daratan, yaitu mangrove yang berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Zona ini memiliki kekayaan tertinggi dan jenis-jenis yang umum ditemukan pada zona ini yaitu *Ficus microcarpus* (*F. retusa*), *Intsia bijuga*, *Nypa fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus* sp., dan *Xylocarpus moluccensis*.³⁵



Gambar 2.5 *Ficus microcarpus*³⁶

³⁴https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fkemangteerjakarta.wordpress.com%2Fjenis-mangrove%2Fnypa-fruticans%2F&psig=AOvVaw1g-BeCtbrDi9CovCGM-hn9&ust=1640255274196000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCPjI1oKa9_QCFQAAAAAdAAAAABAN (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).

³⁵ Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup, *Laporan Survey Mangrove...*, h. 9.

³⁶https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.amazon.in%2FM-Technologies-Laurel-microcarpa-Medicinal-Healthy%2Fdp%2FB07YL5G6Z7&psig=AOvVaw1B7tDQeBJ8UejfQgLWzjAn&ust=1640255718823000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCLCclo6b9_QCFQAAAAAdAAAAABAW (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).

Tumbuhan mangrove umumnya didominasi oleh beberapa spesies mangrove sejati, diantaranya *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Bruguiera* sp., dan *Sonneratia* sp. Spesies mangrove tersebut dapat tumbuh dengan baik pada ekosistem perairan dangkal karena adanya bentuk perakaran yang dapat membantu untuk beradaptasi terhadap lingkungan perairan, baik dari pengaruh pasang surut maupun faktor-faktor lingkungan lainnya yang berpengaruh terhadap ekosistem mangrove seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, sedimen, pH, arus, dan gelombang.³⁷

C. Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

Kecamatan Kuta Raja terdiri atas 6 Gampong yang terdiri dari Gampong Lampaseh Kota, Gampong Merduati, Gampong Keudah, Gampong Peulanggahan, Gampong Jawa, dan Gampong Pande. Luas Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yaitu 3,88 Km² (388,3 Ha).³⁸ Dilihat dari aspek ekologi, secara umum Kecamatan Kuta Raja berada pada ketinggian 0,5-5 meter di atas permukaan laut, dengan demikian dari segi geografis Kecamatan Kuta Raja termasuk dalam zona dataran rendah (kurang dari 100 meter di bawah permukaan laut). Kemiringan lahan di Kecamatan Kuta Raja berada pada kemiringan 0-8% atau dapat dikatakan bahwa lahan di wilayah ini relatif datar. Jenis substratnya berlumpur berpasir, pasokan air berasal dari pasang surut yang terjadi, daerah ini substratnya selalu di basahi air karena ada pasokan air dari saluran pembuangan limbah warga yang mengalir ke area mangrove dan lebih cepat menerima pasokan air laut, karena

³³ Amran Saru, *Potensi Ekologis dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir*, (Bogor: IPB Press, 2019), h. 31.

³⁸ BPS (Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh) Kecamatan Ku Raja, 2021, h. 3.

memang sudah dibentuk saluran untuk air masuk, air pasang setinggi 70 cm dan daerah ini sering tergenang sisa dari air hujan.³⁹

Zona yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja yaitu zona terbuka, zona tengah, zona berair payau dan zona daratan. Zona terbuka di Kecamatan Kuta Raja yaitu zona yang langsung berhadapan dengan laut adalah Gampong Jawa. Zona tengah yaitu Gampong Pande dan sebagian Gampong Peulanggahan yang langsung berhadapan dengan hantaran sungai dan masih terjadinya pasang surut. Zona tengah terdapat di Gampong Peulanggahan, sebagian wilayah Gampong Peulanggahan masih adanya tambak-tambak warga dan sepanjang tambak tersebut terdapat mangrove yang ditanam (*silvofishery*). Sedangkan zona berair payau terdapat disebagian Gampong Jawa. Mangrove yang terdapat di zona berair payau ekosistem mangrove tumbuh secara alami dibuktikan dengan tumbuhnya *Nypa* sp., dan *Avicennia* sp.⁴⁰

Luas lahan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh pada periode tahun 2014 sebesar 110,39 Ha.⁴¹ Kondisi tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini:

³⁹ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, "Pengelolaan Ekosistem Mangrove untuk Ekowisata di Kecamatan Kuta Raja Kota banda Aceh", *Jurnal Lentera*, Vol. 16, No. 19, (2016), h. 20.

⁴⁰ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, "Pengelolaan...", h. 20-21.

⁴¹ Mira Mauliza Rahmi, dkk, "Analisis Alih Fungsi Lahan Mangrove di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh", *Journal of Aceh Aquatic Science*, Vol. 3, No. 1, (2019), h. 20.



Gambar 2.6 Kondisi Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Berdasarkan fisiognomi (kenampakan vegetasi tumbuhan) dan tingkat perkembangannya, tumbuhan mangrove yang terdapat di Gampong Jawa, Gampong Pande, dan Gampong Peulanggahan terdiri dari:

1. Tumbuhan Semak

Vegetasi ini berasal dari spesies-spesies pionir yang berada di pantai berlumpur atau di tepi laut. Vegetasi semak mempunyai karakteristik diantaranya adalah tumbuh dengan sangat kuat, mempunyai banyak cabang, tunas anakan, membentuk rumpun, rimbun dan pendek. Komposisi tumbuhannya didominasi *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*.

2. Tumbuhan Mangrove Muda

Vegetasi mangrove ini dicirikan dengan satu lapis tajuk seragam seperti *Rhizophora* sp.

3. Tumbuhan Mangrove Dewasa

Tumbuhan mangrove ini dicirikan dengan *Rhizophora* sp. dan *Bruguiera* sp. yang besar dan tinggi.

4. Nipah

Tumbuhan ini dicirikan dengan adanya spesies nipah (*Nypa fruticans*) sebagai spesies utama yang tumbuh di dekat muara dan tempat pertemuan air tawar dan air asin.

D. Pemanfaatan Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan mata kuliah dan praktikum Ekologi Tumbuhan mengenai estimasi stok karbon tumbuhan mangrove, sehingga memudahkan mahasiswa dalam memahami stok karbon yang tersimpan dalam tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh. Hasil penelitian yang diperoleh akan dijadikan sebuah buku ajar untuk mendukung pemahaman mahasiswa mengenai estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove.

Buku merupakan sebuah karya yang dihasilkan dari multi indisipliner yang secara esensi bernilai positif bagi setiap pembaca. Multi indisipliner inilah yang tumbuh, berkembang, terstruktur dan tersistematis menjadi wadah ilmu pengetahuan.⁴² Struktur buku ajar secara umum disusun secara sistematis sebagai berikut:

1. Bagian Depan Buku
 - a. Cover Depan
 - b. Judul Utama

⁴² Nur Amin Saleh, *Pedoman Penulisan Buku Ajar*, (Yogyakarta: Nas Media Indonesia, 2018), h. 1.

- c. Sub Judul/Anak Judul
- d. Nama Penulis
- e. Nama Penerbit (jika akan diterbitkan)

2. Punggung Buku

- a. Judul Utama
- b. Nama Penulis
- c. Nama Penerbit

3. Bagian Belakang Buku

- a) Judul Utama
- b) Anak Judul
- c) Nama dan Tentang Penulis
- d) Sinopsis
- e) Nama dan Alamat Penerbit
- f) Nomor ISBN.⁴³

Mahasiswa dalam perkuliahan mata kuliah Ekologi Tumbuhan terdapat indikator pencapaian mahasiswa, khususnya pada materi daur karbon dan oksigen dimana materi yang dikaji yaitu menganalisis daur karbon dan oksigen dengan baik serta dalam praktikum Ekologi Tumbuhan terdapat materi estimasi biomassa (estimasi stok karbon). Sehingga, dengan adanya *output* penelitian berupa buku ajar dapat menjadi referensi tambahan bagi mahasiswa untuk membantu dalam

⁴³ Erna Suwarni, "Pengembangan Buku Ajar Berbasis Lokal Materi Keanekaragaman Laba-Laba di Kota Metro sebagai Sumber Belajar Alternatif Biologi untuk Siswa SMA Kelas X", *Jurnal BIOEDUKASI*, Vol. 6, No. 2, (2015), h. 87.

memahami materi estimasi stok karbon dan sebagai rujukan tambahan dalam praktikum di lapangan.

1. Uji Kelayakan

Uji kelayakan merupakan penilaian oleh ahli materi yang meliputi aspek kelayakan isi, aspek kelayakan penyajian, dan aspek penilaian bahasa.⁴⁴ Uji kelayakan yang dimaksud yaitu untuk menguji kelayakan *output* yang dihasilkan berupa buku ajar mengenai estimasi stok karbon hutan mangrove oleh ahli media untuk mengetahui layak atau tidaknya digunakan oleh mahasiswa.



⁴⁴ Samsul Arifin, dkk, "Uji Kelayakan...", h. 136.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

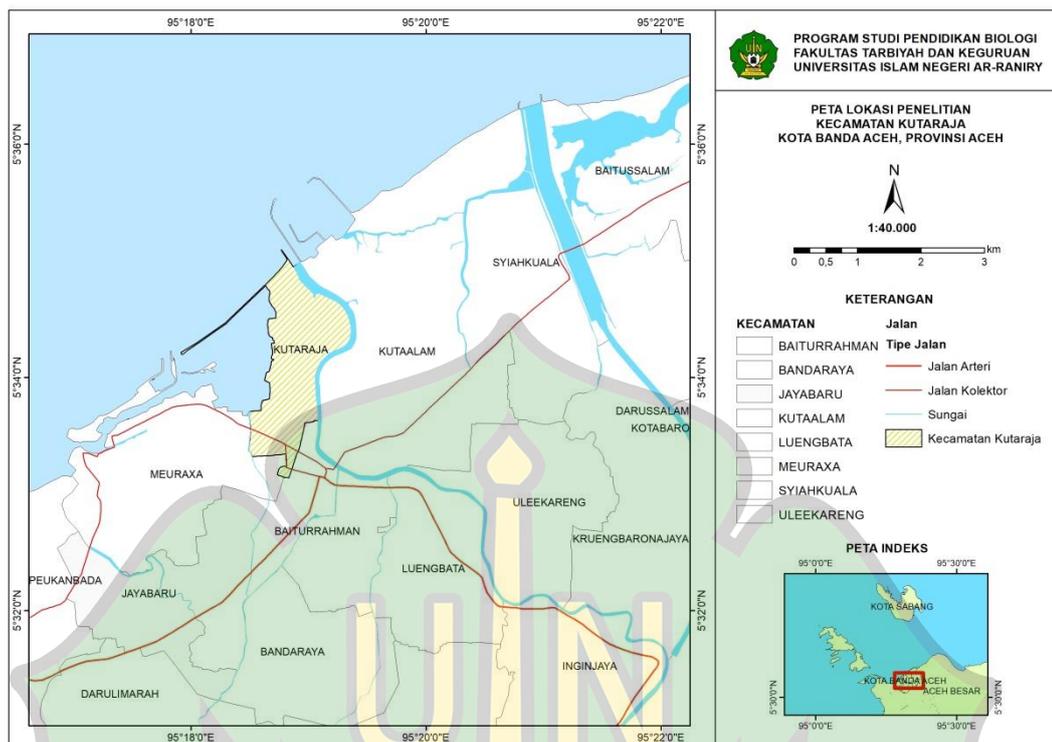
Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif untuk mengidentifikasi jenis tumbuhan mangrove dan penelitian kuantitatif untuk pengumpulan data biomassa dan stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh, serta untuk menguji kelayakan *output* yang dihasilkan. Metode kualitatif yaitu jenis penelitian yang tidak menggunakan statistik, tetapi melalui pengumpulan data, analisis kemudian di interpretasikan.⁴⁵ Sedangkan metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana, dan terstruktur dengan jelas serta banyak menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran dari data tersebut, serta penampilan dari hasilnya.⁴⁶

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yang banyak terdapat tumbuhan mangrove. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Maret 2022. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini:

⁴⁵ Albi Anggito dan Johan Setiawan, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Sukabumi: CV Jejak, 2018), h. 9.

⁴⁶ Sandu Siyoto dan M. Ali Sodik, *Dasar Metodologi Penelitian*, (Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015), h. 17.



Gambar 3.1 Peta Penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada

Tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1 Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Meteran Tanah	Untuk menentukan luas petak
2.	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Untuk menentukan titik koordinat
3.	Timbangan Manual dan Digital	Untuk menimbang organ tumbuhan (daun dan ranting)
4.	Alat Tulis	Untuk mencatat data yang didapatkan dari hasil penelitian
5.	Patok	Untuk tanda pembatas setiap petak contoh
6.	Parang	Untuk mengambil daun dan ranting
7.	Kantung plastik	Untuk mengumpulkan hasil pengambilan sampel dari lapangan
8.	Kertas Koran	Untuk membungkus sampel organ tumbuhan

No	Nama Alat	Fungsi
9.	Oven	Untuk mengeringkan sampel tumbuhan mangrove dalam perhitungan estimasi stok karbon
10.	PH Tester	Untuk mengukur pH air
11.	Refraktometer	Untuk mengukur salinitas air
12.	Soil Tester	Untuk mengukur pH dan kelembaban tanah

Tabel 3.2 Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1.	Kertas label dan lembaran data	Untuk proses pengumpulan data
2.	Organ tumbuhan (daun dan ranting)	Untuk dihitung biomassa dan estimasi stok karbonnya

D. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh tumbuhan mangrove dengan kategori padat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh dengan luas Kecamatan yaitu 388,3 Ha, serta sebaran mangrove pada tahun 2015 setelah tsunami adalah 47,9 Ha.⁴⁷ Sedangkan sampel dari penelitian ini yaitu tumbuhan mangrove yang mewakili populasi dan terdapat pada setiap stasiun pengamatan di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yaitu Gampong Jawa yang memiliki luas wilayah 81,4 Ha, Gampong Pande dengan luas wilayah 187,5 Ha, dan Gampong Peulanggahan dengan luas wilayah 47,2 Ha. Luas penyebaran masing-masing Gampong di Kecamatan Kuta Raja yaitu Gampong Jawa dengan luas mangrove 30,36 Ha, Gampong Pande memiliki luas sebaran mangrove 15,16 Ha dan Gampong Peulanggahan 2,38 Ha.⁴⁸

⁴⁷ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, "Pengelolaan...", h. 19.

⁴⁸ Syifa Saputra, Sugianto, dan Djufri, "Pengelolaan...", h. 19.

Stasiun 1 dan 2 berada di Gampong Pande dengan substrat berpasir dan berlumpur serta termasuk tumbuhan mangrove yang sengaja ditanam (*silvofishery*), stasiun 3 berada di Gampong Jawa dengan substrat yang lempung serta berlumpur dan termasuk dalam zona terbuka yaitu zona yang langsung berhadapan dengan laut, serta termasuk kategori tumbuhan mangrove alami yang mempunyai keragaman jenis. Stasiun 4 berada di Gampong Peulanggahan yang termasuk zona tengah (sebagian wilayah masih adanya tambak-tambak warga dan sepanjang tambak tersebut terdapat mangrove yang ditanam (*silvofishery*).

E. Prosedur Penelitian

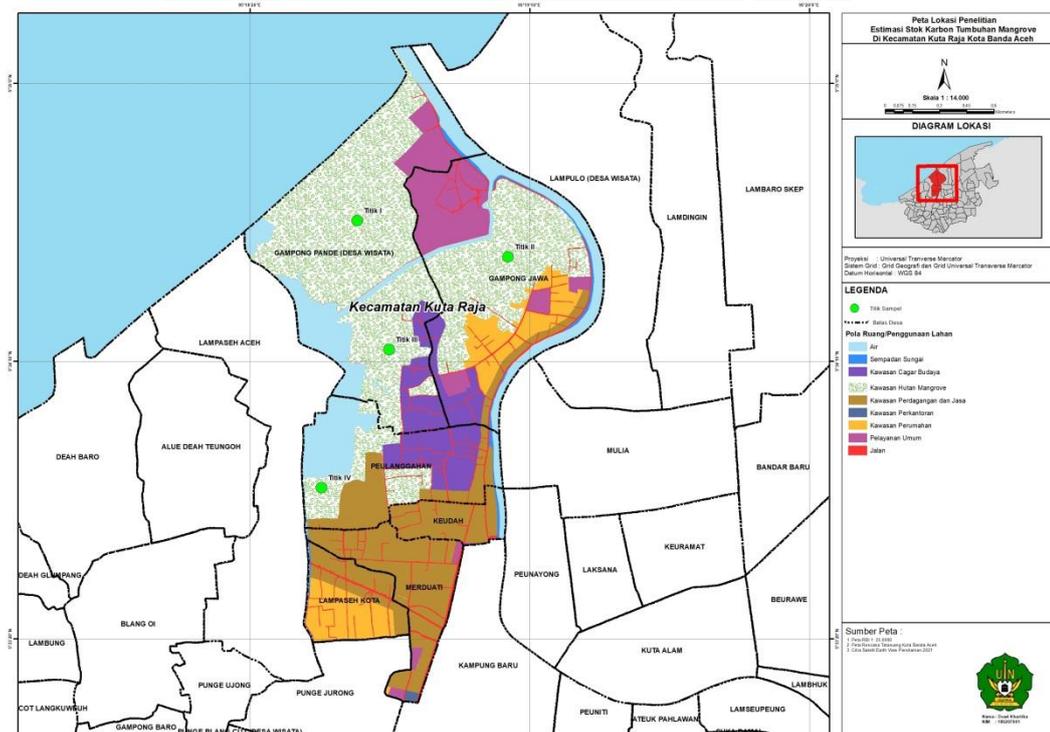
Prosedur dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah metode survey dengan cara peletakan sampel secara *purposive sampling*, artinya petak penelitian diletakkan sesuai dengan komposisi tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh. Teknik *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara sengaja atas dasar ciri-ciri tertentu yang erat dengan ciri-ciri populasi yang telah diketahui sebelumnya.⁴⁹ Kawasan penelitian ditetapkan menjadi 4 titik stasiun di Kecamatan Kuta Raja. Stasiun 1 dan 2 berada di Gampong Pande dengan substrat berpasir dan berlumpur serta termasuk tumbuhan mangrove yang sengaja ditanam (*silvofishery*), stasiun 3 berada di Gampong Jawa dengan substrat yang lempung serta berlumpur dan termasuk dalam zona terbuka

⁴⁹ Margono, *Metodologi Penelitian Pendidikan*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2010), h. 128.

yaitu zona yang langsung berhadapan dengan laut, serta termasuk kategori tumbuhan mangrove alami yang mempunyai keragaman jenis. Stasiun 4 berada di Gampong Peulanggahan yang termasuk zona tengah (sebagian wilayah masih adanya tambak-tambak warga dan sepanjang tambak tersebut terdapat mangrove yang ditanam (*silvofishery*). Setiap stasiun ditetapkan *line transek* dengan luas sebesar 10 m x 50 m yang diukur saat air laut surut. Lokasi penentuan titik stasiun dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Titik Pengambilan Stasiun Penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

2. Identifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove

Tumbuhan mangrove pada setiap stasiun diamati, dicatat dan difoto kemudian diidentifikasi. Tumbuhan mangrove yang belum diketahui jenisnya diidentifikasi menggunakan aplikasi *Plant Net* dan beberapa referensi berupa buku panduan lapangan ataupun jurnal terkait.

3. Pengukuran Stok Karbon Tumbuhan Mangrove

a. Lapangan

Dilakukan pengambilan data primer dengan melakukan sensus di seluruh stasiun penelitian meliputi pencatatan jenis tumbuhan mangrove yang termasuk dalam kategori tiang dan pohon, kemudian pengukuran diameter setinggi dada atau *diameter breast height* (DBH) yang setara dengan 1,3 meter dan tinggi pohon. Selanjutnya dilakukan perhitungan biomassa dengan menggunakan metode *Non Destructive Sampling* dengan tidak merusak seluruh organ tumbuhan mangrove, akan tetapi hanya mengambil sampel sebanyak 100 gram di setiap bagian komponen organ tumbuhan (daun dan ranting) dan memotong kayu dari salah satu cabang tumbuhan mangrove yang terdapat di setiap stasiun penelitian.⁵⁰ Dilanjutkan dengan pengukuran faktor fisik lingkungan yang dilakukan dengan mengukur pH dan kelembaban tanah, salinitas air, dan pH air untuk mengetahui hubungannya dengan faktor pertumbuhan eksternal (subur/tidak) dan proses metabolisme tumbuhan mangrove.

b. Laboratorium

Daun dan ranting dari setiap jenis tumbuhan mangrove yang telah diambil di lapangan sebanyak 100 gram, lalu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80⁰C selama 2x24 jam dan ditimbang berat keringnya. Kemudian dihitung volume dan berat jenis (BJ) untuk mendapatkan nilai biomassa setiap jenis tumbuhan mangrove. Setelah nilai biomassa pada

⁵⁰ Nurdin Amin, "Cadangan Karbon pada Tumbuhan Hutan Kota Banda Aceh". *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, (2016), h. 73.

tumbuhan mangrove telah ditemukan, maka selanjutnya pengukuran karbon yang tersimpan pada setiap jenis tumbuhan mangrove yang terdapat pada stasiun penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

F. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu jenis tumbuhan mangrove, estimasi biomassa dan stok karbon tumbuhan mangrove yang dihitung estimasinya pada bagian atas (*aboveground biomass*), dengan parameter yang digunakan adalah daun, ranting, cabang, dan batang utama tumbuhan mangrove. Selain itu diukur pula faktor fisik-kimia lingkungan seperti pH (derajat keasaman) serta kelembaban tanah, salinitas air, dan pH air.

G. Instrumen Penelitian

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan tabel pengamatan jenis tumbuhan mangrove, tabel pengukuran biomassa bagian atas dan tabel estimasi stok karbon tumbuhan mangrove serta faktor fisik-kimia lingkungan pada setiap stasiun (terlampir). Instrumen pengumpulan data selanjutnya yaitu validasi *output* penelitian berupa buku ajar.

H. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Analisis Data Jenis Tumbuhan Mangrove

Analisis data jenis tumbuhan mangrove dilakukan secara kualitatif yaitu disajikan dalam bentuk gambar tumbuhan mangrove dan mendeskripsikannya.

2. Pengukuran Biomassa dan Perhitungan Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove

Pengukuran biomassa dan perhitungan estimasi stok karbon tumbuhan mangrove dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

a. Volume dan Berat Jenis (BJ) Kayu

Volume dan berat jenis (BJ) kayu dari masing-masing jenis pohon mangrove dapat menggunakan rumus:

$$\text{Volume Pohon (cm}^3\text{)} = R^2 T$$

Dimana:

V = Volume Pohon (cm³)

R = Jari-jari pohon = ½ diameter (cm)

T = Tinggi Pohon⁵¹

Untuk mencari Berat Jenis (BJ) menggunakan rumus:

$$\text{BJ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}} \quad ^{52}$$

b. Pengukuran Biomassa Bagian Atas Tumbuhan Mangrove

⁵¹ Nurdin Amin, "Cadangan Karbon...", h. 73.

⁵² Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 21.

Estimasi biomassa tersimpan dalam tegakan/pohon menggunakan metode persamaan allometrik yang mengarah pada Tabel 3.3 dan dapat dihitung dengan cara berikut:

$$W = 0,168 \times BJ \times D^{2,47}$$

Keterangan:

W = Biomassa;

BJ = Berat Jenis;

D = Diameter Pohon.⁵³

Persamaan allometrik beberapa spesies mangrove dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Persamaan Allometrik Beberapa Spesies Mangrove

Spesies	Persamaan alometrik	Sumber
<i>Rhizophora mucronata</i>	$Wr = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	Dharmawan, 2010
<i>Rhizophora stylosa</i>	$Wr = 0,9789 * DBH^{2,6848}$	Mayuftia, 2013
<i>Avicennia alba</i>	$Wr = 0,079211 * DBH^{2,470895}$	Poedjirahajoe et al., 2017
<i>Avicennia marina</i>	$Wr = 0,2901 * DBH^{2,2605}$	Dharmawan, 2010
<i>Sonneratia alba</i>	$Wr = 0,825 * DBH^{0,89}$	Komiyama et al., 2005
<i>Rhizophora apiculata</i>	$Wr = 0,235 * DBH^{2,42}$	(Komiyama, 2008)
Persamaan umum	$Wr = 0,168 * \rho * DBH^{2,47}$	(Komiyama, 2008) ⁵⁴

c. Menghitung Stok Karbon Tumbuhan Mangrove

Setelah nilai biomassa pada setiap jenis tumbuhan mangrove telah ditemukan, selanjutnya pengukuran karbon yang tersimpan dihitung dengan rumus:

$$CS = W \times 0,46$$

⁵³ Ahmad Ibrahim dan Firman Farid Muhsoni, "Estimasi...", h. 500.

⁵⁴ Ahmad Ibrahim dan Firman Farid Muhsoni, "Estimasi...", h. 500.

Keterangan:

CS = Karbon tersimpan dalam tumbuhan;

W = Total Biomassa⁵⁵

3. Uji Kelayakan

Uji kelayakan output yang dihasilkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Tabel kategori kelayakan berdasarkan kriteria yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.4 Kategori Kelayakan Produk

No	Skor dalam Persen (%)	Kategori Kelayakan
1	< 21 %	Sangat Tidak Layak
2	21 – 40 %	Tidak Layak
3	41 – 60 %	Cukup Layak
4	61 - 80 %	Layak
5	81 - 100 %	Sangat Layak ⁵⁶

⁵⁵ Nurdin Amin, “Cadangan Karbon...”, h. 73.

⁵⁶ Iis Ernawati dan Totok Sukardiyono, “Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran Administrasi Server”, *Jurnal Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, Vol. 2, No. 2, (2017), h. 207.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terdapat 16 jenis tumbuhan mangrove dari 11 famili. Adapun jenis tumbuhan mangrove yang ditemukan yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia ovata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Pluchea indica* L., *Calotropis gigantea*, *Typha angustifolia*, *Aegiceras floridum*, *Derris trifoliata*, *Fimbristylis ferruginea*, dan *Acrostichum aureum* L. Jenis dan famili dari tumbuhan mangrove dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

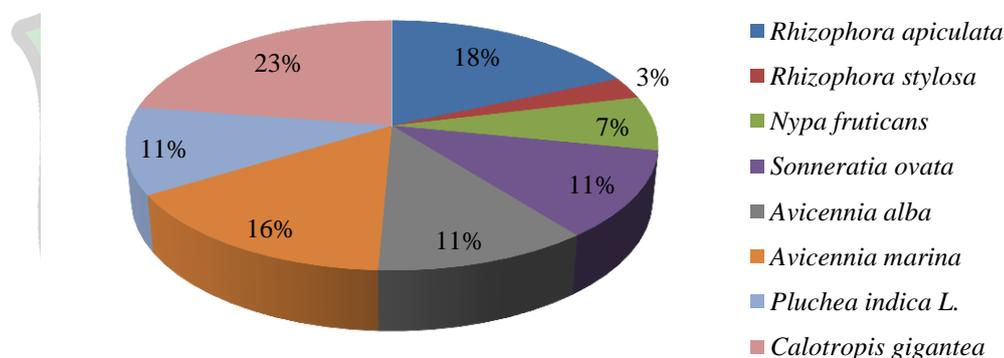
Tabel 4.1 Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

No.	Famili	Nama Ilmiah	Nama Daerah	Stasiun Penelitian				Total
				I	II	III	IV	
1.	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau Kacang	13	36	23	8	80
		<i>Rhizophora stylosa</i>	Bakau Putih	2	4	14	5	25
		<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau Hitam	0	15	21	26	62
		<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Tanjang Merah	0	0	5	0	5
2.	Arecaceae	<i>Nypa fruticans</i>	Nipah	5	9	11	7	32
3.	Sonneratiaceae	<i>Sonneratia alba</i>	Pedada	0	0	13	0	13
		<i>Sonneratia ovata</i>	Bogem	8	7	0	0	15
4.	Achantaceae	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	8	0	5	12	25
		<i>Avicennia marina</i>	Api-api Putih	11	0	0	0	11
5.	Asteraceae	<i>Pluchea indica</i> L.	Beluntas	8	25	0	0	50
6.	Aslepidaceae	<i>Calotropis gigantea</i>	Biduri	16	0	0	0	16
7.	Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i>	Lembang	0	52	0	0	52
8.	Myrsinaceae	<i>Aegiceras floridum</i>	Teruntung	0	42	0	0	42
9.	Fabaceae	<i>Derris trifoliata</i>	Tuba Laut	0	4	0	0	4
10.	Cyperaceae	<i>Fimbristylis ferruginea</i>	Berkarat Alang	0	5	0	0	5
11.	Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i> L.	Paku Laut	0	17	0	0	17
Jumlah Spesies				71	216	92	58	437

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa jenis tumbuhan mangrove yang memiliki jumlah terbanyak adalah *Rhizophora apiculata*. Jenis tersebut tersebar di

semua stasiun pengamatan, akan tetapi paling banyak ditemukan di stasiun 2. Jenis tumbuhan mangrove yang memiliki jumlah sedang adalah *Acrostichum aureum* L., jenis tersebut ditemukan di stasiun 2. Sedangkan jenis tumbuhan mangrove yang memiliki jumlah paling sedikit adalah *Derris trifoliata*. Jenis tersebut hanya ditemukan di stasiun 2 pengamatan.

Adapun komposisi jenis pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada diagram pie di bawah ini. Komposisi jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 1 dapat dilihat pada diagram pie di bawah ini.

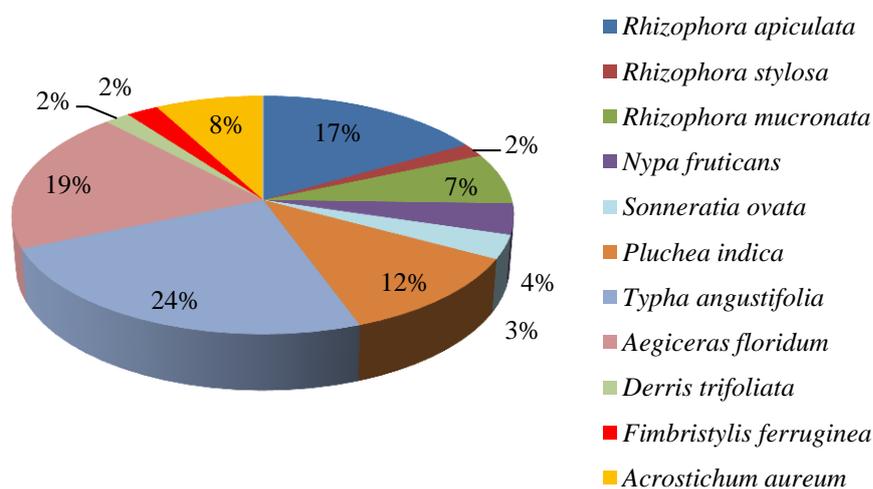


Gambar 4.1 Diagram Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1

Berdasarkan Gambar 4.1 diagram komposisi jenis tumbuhan mangrove di stasiun 1 diketahui terdapat 8 jenis tumbuhan mangrove yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia ovata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Pluchea indica* L., dan *Calotropis gigantea*. Jumlah seluruh individu pada stasiun 1 yaitu sebanyak 71 individu dengan jumlah individu terbanyak yaitu pada *Calotropis gigantea* sebanyak 16 individu atau setara dengan 23%, dan individu paling sedikit pada *Rhizophora stylosa* yang berjumlah 2 individu atau setara dengan 3%, serta jumlah individu dengan kategori sedang

yaitu pada jenis *Sonneratia ovata*, *Avicennia alba*, dan *Pluchea indica* L. yang berjumlah 8 individu (11%).

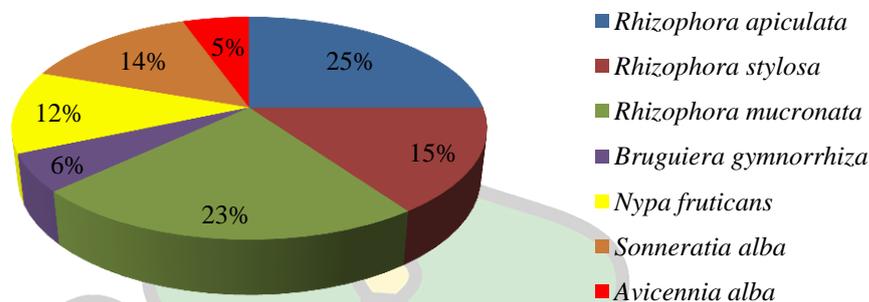
Adapun komposisi jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 2 dapat dilihat pada diagram pie di bawah ini.



Gambar 4.2 Diagram Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2

Berdasarkan Gambar 4.2 diagram komposisi jenis tumbuhan mangrove di stasiun 2 diketahui terdapat 11 jenis yang terdiri dari *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia ovata*, *Pluchea indica* L., *Fimbristylis ferruginea*, *Aegiceras floridum*, *Derris trifoliata*, *Typha angustifolia*, dan *Acrostichum aureum* L. Jumlah seluruh individu pada stasiun 2 yaitu sebanyak 216 individu dengan jumlah individu terbanyak yaitu pada jenis *Typha angustifolia* sebanyak 52 individu (24%), kemudian jumlah individu dengan kategori sedang pada jenis *Acrostichum aureum* L. yaitu 17 individu (8%), dan individu paling sedikit pada *Rhizophora stylosa* dan *Derris trifoliata* yang berjumlah 4 individu (2%).

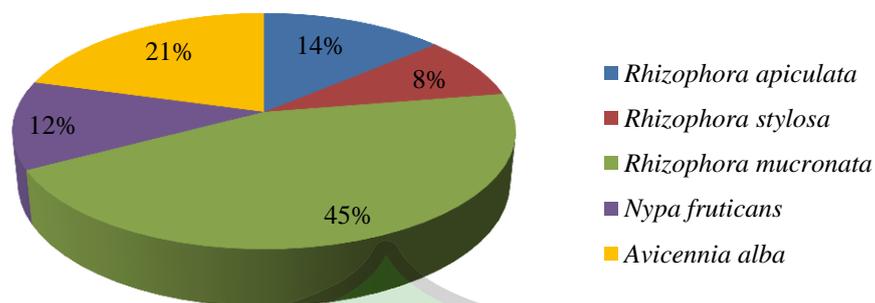
Komposisi jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 3 dapat dilihat pada diagram pie di bawah ini.



Gambar 4.3 Diagram Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3

Berdasarkan Gambar 4.3 diagram komposisi jenis tumbuhan mangrove di stasiun 3 diketahui terdapat 7 jenis tumbuhan mangrove, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia alba*, dan *Avicennia alba*. Jumlah seluruh individu pada stasiun 3 yaitu sebanyak 92 individu dengan jumlah individu terbanyak yaitu pada *Rhizophora apiculata* sebanyak 23 individu (25%), jumlah individu dengan kategori sedang yaitu pada jenis *Sonneratia alba* yang berjumlah 13 individu (14%), dan individu paling sedikit pada *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Avicennia alba* yang berjumlah 5 individu (5-6%).

Komposisi jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 4 dapat dilihat pada diagram pie di bawah ini.



Gambar 4.4 Diagram Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4

Berdasarkan Gambar 4.4 diagram komposisi jenis tumbuhan mangrove di stasiun 4 terdiri dari 5 jenis tumbuhan mangrove yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Nypa fruticans*, dan *Avicennia alba*. Jumlah seluruh individu pada stasiun 4 yaitu sebanyak 58 individu dengan jumlah individu terbanyak yaitu pada *Rhizophora mucronata* sebanyak 26 individu (45%), jumlah individu dengan kategori sedang terdapat pada *Rhizophora apiculata* sebanyak 8 individu (14%), dan individu paling sedikit pada *Rhizophora stylosa* yang berjumlah 5 individu (8%).

Deskripsi dan klasifikasi dari seluruh jenis tumbuhan mangrove yang ditemukan pada setiap stasiun di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yaitu sebagai berikut.

a. Famili Rhizophoraceae

1) Bakau Kacang (*Rhizophora apiculata*)

Bakau kacang (*Rhizophora apiculata*) termasuk dalam kategori pohon dengan diameter mencapai 55 cm dan tinggi mencapai 35 m. Umumnya tumbuh di tanah yang berlempung dan berhumus dengan aerasi

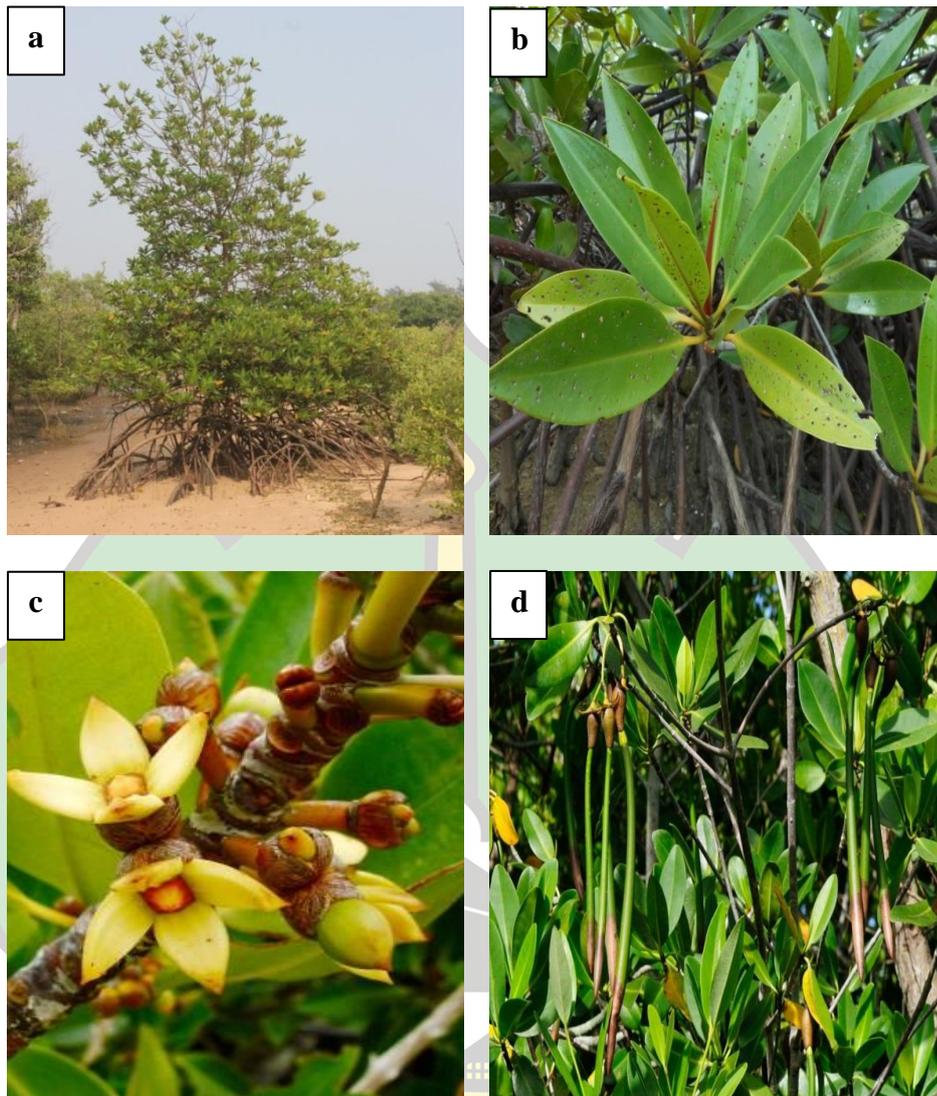
yang baik.⁵⁷ Jenis ini memiliki perakaran yang khas dan kadang-kadang memiliki akar udara yang keluar dari cabang. Memiliki kulit kayu berwarna abu-abu tua, memiliki daun berkulit berwarna hijau pada bagian tengah dan berwarna kemerahan pada bagian bawah. Daun berbentuk elips menyempit dengan ujung daun meruncing yang memiliki tangkai berwarna kemerahan terletak berlawanan. *Rhizophora apiculata* memiliki bunga biseksual dengan kepala bunga kekuningan terletak berkelompok pada ketiak daun.⁵⁸

Tipe akar *Rhizophora apiculata* berbentuk akar tunjang dan pertumbuhannya juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia seperti kelembaban tanah, pH tanah, salinitas dan pH air. *Rhizophora apiculata* dapat tumbuh pada kelembaban tanah 50% - 60%, pH tanah 5,3-6,5, pH perairan 7,2, dan salinitas air antara $\pm 1,5$ sampai 20.⁵⁹

⁵⁷ Cecep Kusmana, Onrizal, dan Sudarmadji, *Jenis-Jenis Pohon Mangrove di Teluk Bintuni Papua*, (Bogor: Fakultas Kehutanan IPB, 2003), h. 32-33.

⁵⁸ Arlin Widya Prasesa, "Keanekaragaman Jenis Bakau di Hutan Mangrove Desa Sungai Itik Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi", (Skripsi), 2020, h. 39-40.

⁵⁹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.5 Bakau Kacang (*Rhizophora apiculata*)

- a. Pohon *Rhizophora apiculata*
- b. Daun *Rhizophora apiculata*
- c. Bunga *Rhizophora apiculata*
- d. Buah *Rhizophora apiculata*⁶⁰

Klasifikasi dari *Rhizophora apiculata* adalah sebagai berikut:

⁶⁰ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Rhizophorales
 Family : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Species : *Rhizophora apiculata*⁶¹

2) Bakau Putih (*Rhizophora stylosa*)

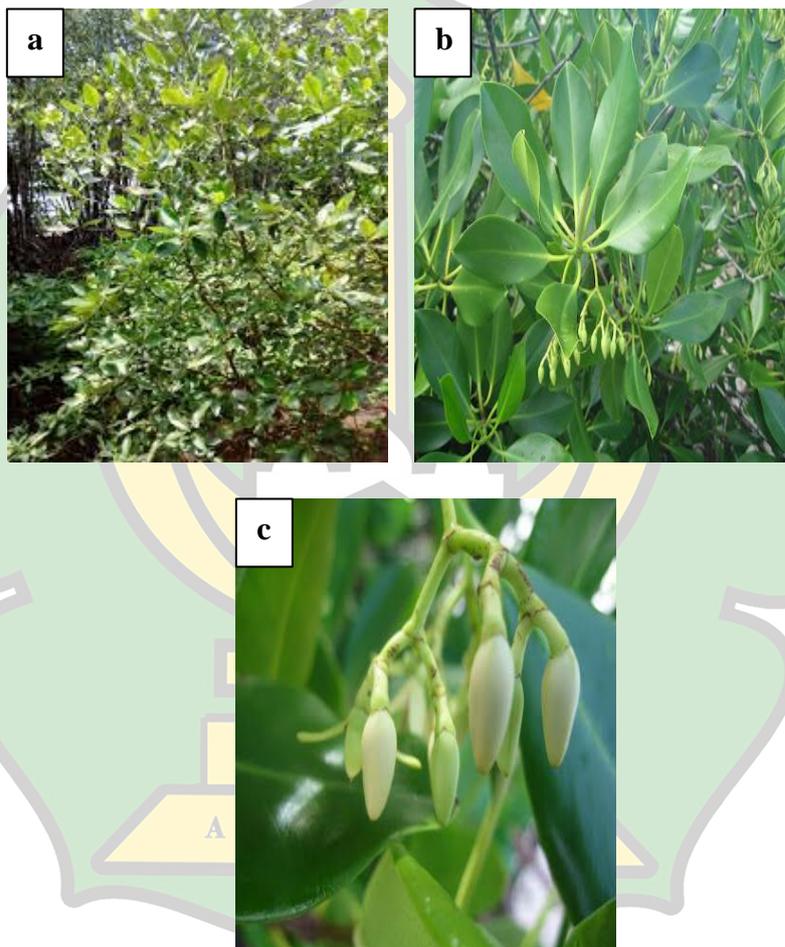
Rhizophora stylosa merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang memiliki karakteristik daun berkulit, berbintik teratur di lapisan bawah, gagang daun berwarna hijau, panjang gagang 1-3,5 cm, dengan pinak daun panjangnya 4-6 cm, berbentuk elips melebar, dan ujungnya meruncing. Gagang kepala bunga seperti cagak, biseksual, masing-masing menempel pada gagang individu yang panjangnya 2,5-5 cm. Panjang buahnya 2,5-4 cm, berbentuk buah pir, berwarna coklat, berisi satu biji fertil, hipokotil silindris, berbintil agak halus, leher kotiledon kuning kehijauan ketika matang, ukuran panjang hipokotil 20-35 cm (kadang sampai 50 cm) dan diameter 1,5-2 cm.⁶²

Rhizophora stylosa adalah tumbuhan yang termasuk kategori pohon dengan satu atau banyak batang dan tingginya mencapai 10 m. *Rhizophora stylosa* tumbuh pada habitat yang beragam di daerah pasang surut: lumpur, pasir dan batu. Tumbuhan ini menyukai pematang sungai pasang surut, tetapi juga sebagai jenis pionir di lingkungan pesisir atau pada bagian daratan dari mangrove. Satu jenis relung khas yang bisa

⁶¹ Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, "Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaan", (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

⁶² Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 122.

ditempatinya adalah tepian mangrove pada substrat karang.⁶³ *Rhizophora stylosa* dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia seperti kelembaban tanah, pH tanah, salinitas dan pH air. *Rhizophora apiculata* dapat tumbuh pada kelembaban tanah 50% - 60%, pH tanah 5,3-6,5, pH perairan 7,2, dan salinitas air antara $\pm 1,5$ sampai 20‰.⁶⁴



Gambar 4.6 Bakau Putih (*Rhizophora stylosa*)

- a. Pohon *Rhizophora stylosa*
- b. Daun *Rhizophora stylosa*
- c. Buah *Rhizophora stylosa*⁶⁵

62.

⁶³ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h.

⁶⁴ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁶⁵ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Klasifikasi dari *Rhizophora stylosa* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Rhizophorales
 Family : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Species : *Rhizophora stylosa*⁶⁶

3) Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

Rhizophora mucronata merupakan tumbuhan mangrove yang memiliki tinggi antara 18-27 m. Akar tunjang *Rhizophora mucronata* tampak sangat mencolok, ukuran akar tunjang pohon dewasa pada populasi *Rhizophora mucronata* dapat mencapai tinggi 2,5 meter.⁶⁷ Pada umumnya tumbuh dalam kelompok, dekat atau pada pematang sungai pasang surut, pertumbuhan optimal terjadi pada areal yang tergenang dalam, serta pada tanah yang kaya dengan humus.⁶⁸

Jenis ini merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang paling penting dan paling tersebar luas. Perbungaan terjadi sepanjang tahun, anaknya sering kali dimakan oleh kepiting, sehingga menghambat pertumbuhan mereka, anakan yang dikeringkan di bawah naungan untuk beberapa hari akan lebih tahan terhadap gangguan kepiting, hal tersebut

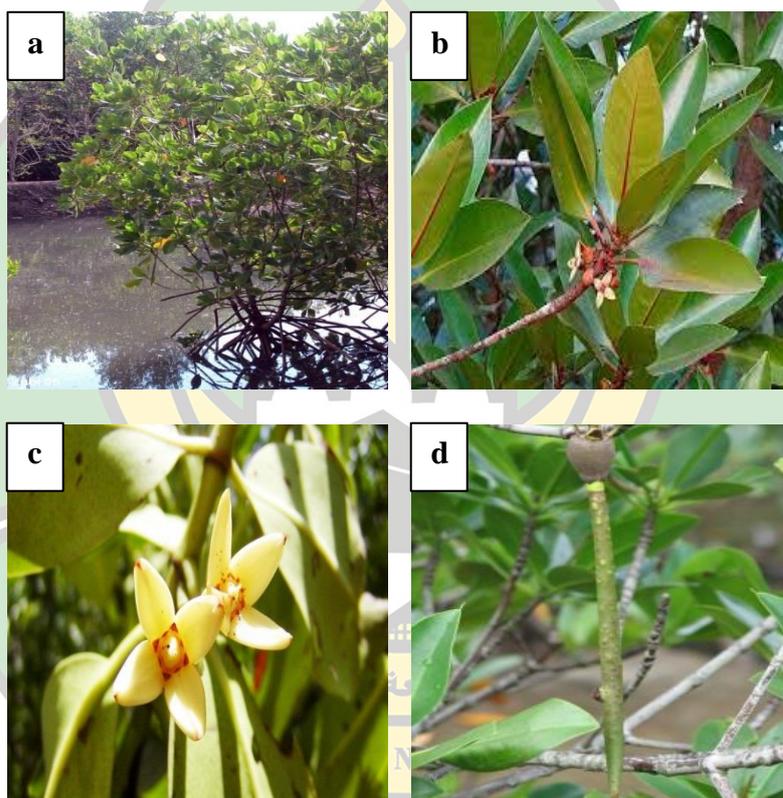
⁶⁶ Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, “Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaaan”, (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

⁶⁷ Agil Al Idrus, dkk, “Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat”, *Jurnal Biologi Tropis*, Vol. 14, No. 2, (2014), h. 124.

⁶⁸ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

mungkin dikarenakan adanya akumulasi tanin dalam jaringan yang kemudian melindungi mereka.⁶⁹

Pertumbuhan *Rhizophora mucronata* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah antara 5,3-5,4 dan kelembaban tanah antara 52%-59% dengan salinitas air 1,5-20⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,1-7,2.⁷⁰



Gambar 4.7 Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

- a. Pohon *Rhizophora mucronata*
- b. Daun *Rhizophora mucronata*
- c. Bunga *Rhizophora mucronata*
- d. Buah *Rhizophora mucronata*⁷¹

Klasifikasi dari *Rhizophora mucronata* adalah sebagai berikut:

⁶⁹ Arlin Widya Prasesa, “Keanekaragaman Jenis Bakau di Hutan Mangrove Desa Sungai Itik Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi”, (Skripsi), 2020, h. 12-13.

⁷⁰ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁷¹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Rhizophorales
 Family : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Species : *Rhizophora mucronata*⁷²

4) Tanjung Merah (*Bruguiera gymnorrhiza*)

Bruguiera gymnorrhiza merupakan jenis yang dominan pada hutan mangrove yang tinggi dan merupakan ciri dari perkembangan tahap akhir dari hutan pantai, serta tahap awal dalam transisi menjadi tipe vegetasi daratan. Tumbuh di areal dengan salinitas rendah dan kering, serta tanah yang memiliki aerasi yang baik. Jenis ini toleran terhadap daerah terlindung maupun yang mendapat sinar matahari langsung. *Bruguiera gymnorrhiza* juga tumbuh pada tepi daratan dari mangrove, sepanjang tambak serta sungai pasang surut dan payau.⁷³

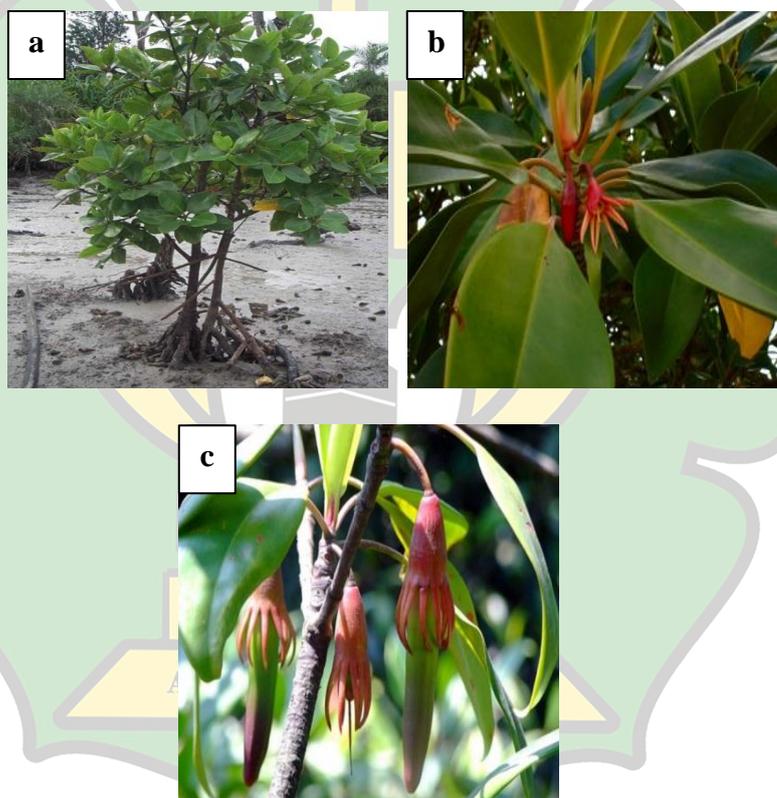
Bruguiera gymnorrhiza ditemukan di tepi pantai hanya jika terjadi erosi pada lahan di hadapannya. Substratnya terdiri dari lumpur, pasir dan kadang-kadang tanah gambut hitam. Kadang-kadang juga ditemukan di pinggir sungai yang kurang terpengaruh air laut, hal tersebut dimungkinkan karena buahnya terbawa arus air atau gelombang pasang. Regenerasinya seringkali hanya dalam jumlah terbatas. Bunga dan buahnya terdapat sepanjang tahun serta mengundang burung untuk

⁷² Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, "Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaan", (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

⁷³ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 82.

melakukan penyerbukan.⁷⁴ *Bruguiera gymnorrhiza* memiliki tinggi antara 3-9 m, akarnya melebar ke samping pada radius 7-12 m dari bagian pangkal pohon, dan sepanjang akar tersebut muncul sejumlah akar lutut.⁷⁵

Pertumbuhan *Bruguiera gymnorrhiza* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah antara 5,3 dan kelembaban tanah antara 59% dengan salinitas air 20⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.⁷⁶



Gambar 4.8 Tanjung Merah (*Bruguiera gymnorrhiza*)

- a. Pohon *Bruguiera gymnorrhiza*
- b. Daun dan Bunga *Bruguiera gymnorrhiza*
- c. Buah *Bruguiera gymnorrhiza*⁷⁷

⁷⁴ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 82.

⁷⁵ Agil Al Idrus, dkk, "Kekhasan Morfologi...", h. 124.

⁷⁶ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁷⁷ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Klasifikasi dari *Bruguiera gymnorrhiza* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Rhizophorales
 Family : Rhizophoraceae
 Genus : *Bruguiera*
 Species : *Bruguiera gymnorrhiza*⁷⁸

b. Famili Arecaceae

1) Nipah (*Nypa fruticans*)

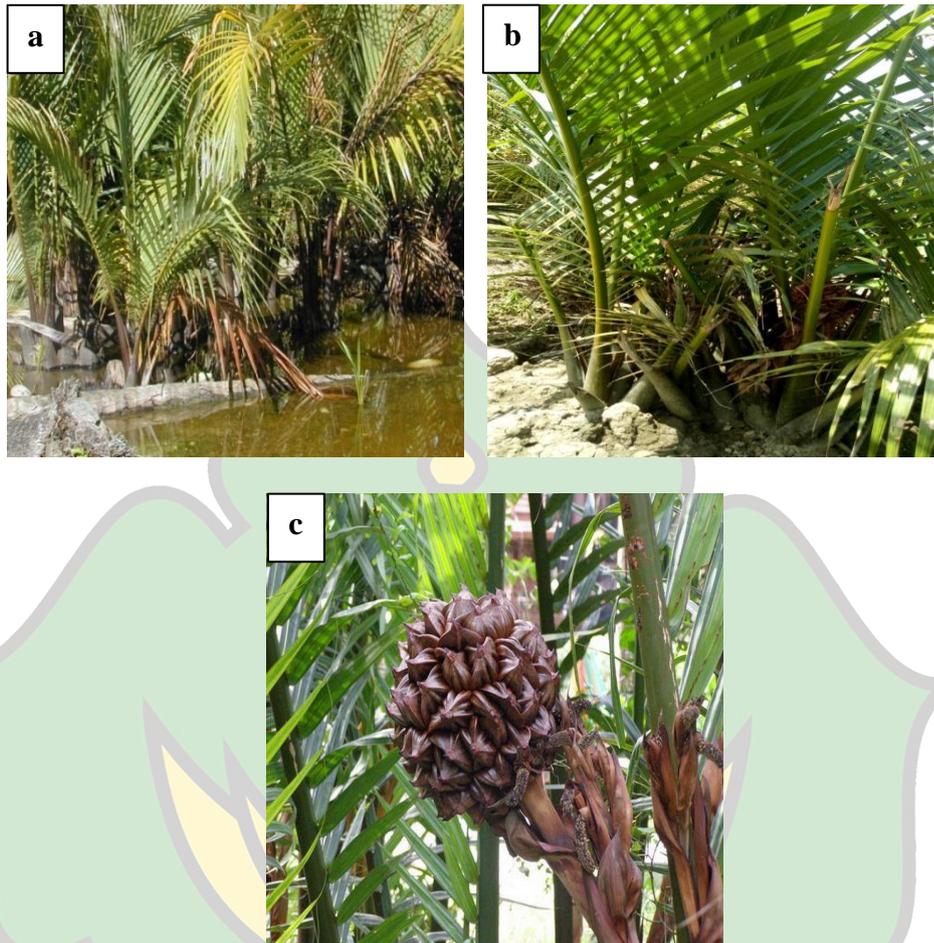
Nypa fruticans tumbuh pada substrat yang halus pada bagian tepi atas dari jalan air, memerlukan masukan air tawar tahunan yang tinggi, dan jarang terdapat di luar zona pantai. Biasanya tumbuh pada tegakan yang berkelompok, memiliki sistem perakaran yang rapat dan kuat serta tersesuaiakan lebih baik terhadap perubahan masukan air, dibandingkan dengan sebagian besar jenis tumbuhan mangrove lainnya. Serbuk sarinya lengket dan penyerbukan dibantu oleh lalat *Drosophila*, buahnya berserat serta terdapat rongga udara pada biji yang membantu penyebarannya melalui air, dan kadang-kadang bersifat vivipar.⁷⁹

Pertumbuhan *Nypa fruticans* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah antara 5,3-5,4 dan kelembaban tanah antara 52%-59% dengan salinitas air 1,5-20⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,1-7,2.⁸⁰

⁷⁸ Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, "Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaaan", (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

⁷⁹ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 113.

⁸⁰ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.9 Nipah (*Nypa fruticans*)

- a. Pohon *Nypa fruticans*
- b. Daun *Nypa fruticans*
- c. Buah *Nypa fruticans*⁸¹

Klasifikasi dari *Nypa fruticans* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Liliopsida
 Order : Arecales
 Family : Arecaceae
 Genus : *Nypa*
 Species : *Nypa fruticans*⁸²

⁸¹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁸² Ismiatul Karimah, Samsul Kamal, dan Nurdin Amin, *Vegetasi Mangrove di Pesisir Baitussalam*, (Banda Aceh: Rambayan, 2021), h. 36.

c. Famili Sonneratiaceae

1) Pedada (*Sonneratia alba*)

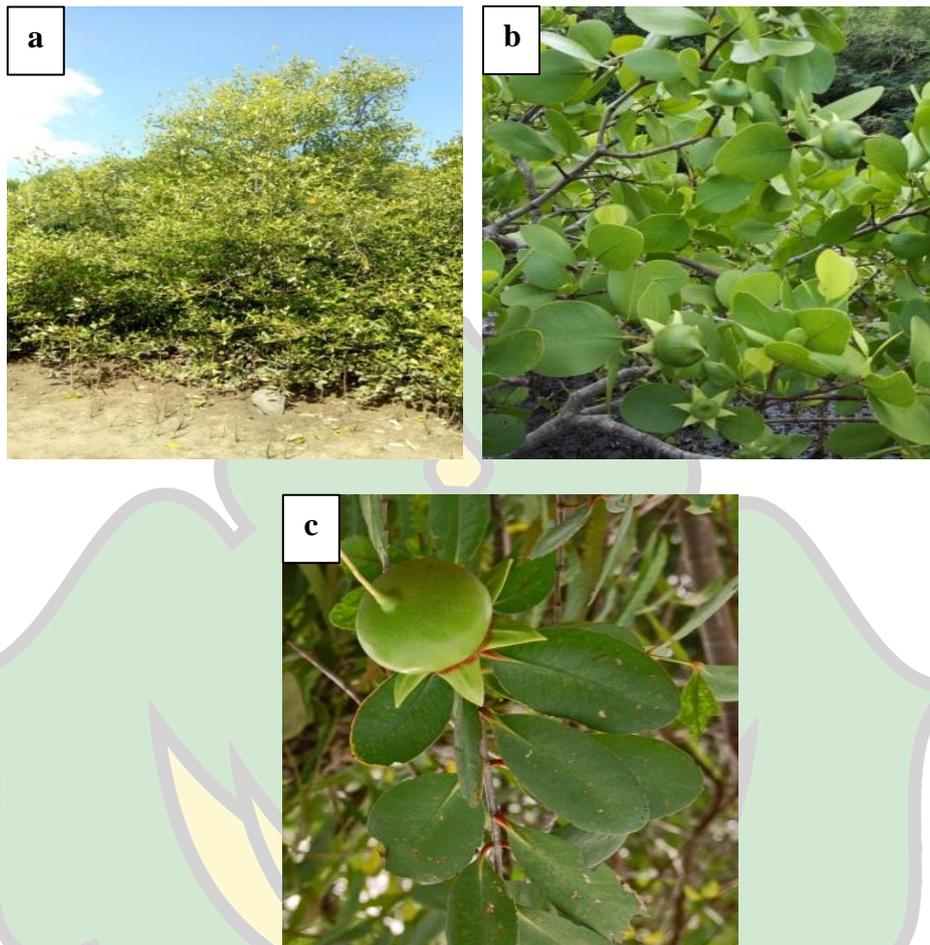
Sonneratia alba memiliki ciri khas dengan diameter batang mencapai 150 cm dan ukuran tingginya dapat mencapai 20 meter. Pohon-pohon *Sonneratia alba* yang memiliki batang yang tinggi tersebut merupakan habitat yang khas sebagai tempat istirahat populasi kelelawar.⁸³ Tumbuhan ini termasuk jenis pionir, tidak toleran terhadap air tawar dalam periode yang lama, menyukai tanah yang bercampur lumpur dan pasir, kadang-kadang hidup pada batuan dan karang. Sering ditemukan di lokasi pesisir yang terlindung dari hampasan gelombang, juga di muara dan sekitar pulau-pulau lepas pantai. Perbungaannya terjadi sepanjang tahun, bunga hidup tidak terlalu lama dan mengembang penuh di malam hari, mungkin diserbuki oleh ngengat, burung dan kelelawar pemakan buah. Kemudian di jalur pesisir yang berkarang *Sonneratia alba* tersebar secara vegetatif dan akar nafasnya tidak terdapat pada pohon yang tumbuh pada substrat yang keras.⁸⁴

Pertumbuhan *Sonneratia alba* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah antara 5,3 dan kelembaban tanah antara 59% dengan salinitas air 20⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,1.⁸⁵

⁸³ Agil Al Idrus, dkk, "Kekhasan Morfologi...", h. 126.

⁸⁴ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 64.

⁸⁵ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.10 Pedada (*Sonneratia alba*)

- a. Pohon *Sonneratia alba*
- b. Daun *Sonneratia alba*
- c. Buah *Sonneratia alba*⁸⁶

Klasifikasi dari *Sonneratia alba* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Myrtales
 Family : Sonneratiaceae
 Genus : *Sonneratia*
 Species : *Sonneratia alba*⁸⁷

⁸⁶ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁸⁷ Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, "Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaan", (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

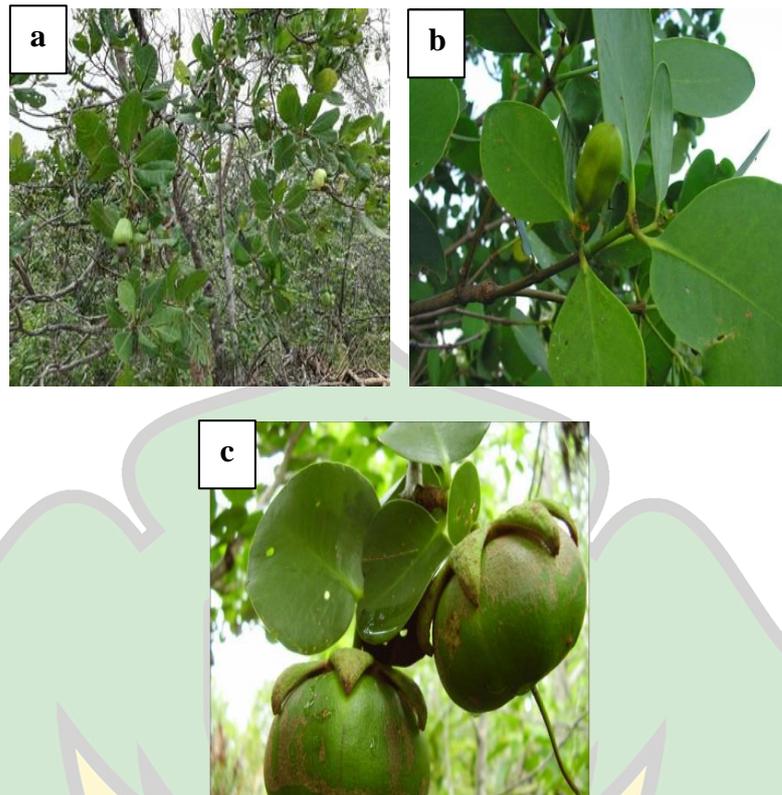
2) Bogem (*Sonneratia ovata*)

Sonneratia ovata merupakan pohon berukuran kecil atau sedang, biasanya tingginya hingga 5 m, kadang-kadang mencapai 20 m, dengan cabang muda berbentuk segi empat serta akar nafas vertikal. *Sonneratia ovata* tumbuh di tepi daratan hutan mangrove yang airnya kurang asin, tanah berlumpur dan di sepanjang sungai kecil yang terkena pasang surut. Jenis ini tidak pernah tumbuh pada substrat karang dan perbungaannya terjadi sepanjang tahun.⁸⁸

Pertumbuhan *Sonneratia ovata* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah antara 6,5 dan kelembaban tanah antara 50-60% dengan salinitas air 1,5-2⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2-7,3.⁸⁹

⁸⁸ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 132.

⁸⁹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.11 Bogem (*Sonneratia ovata*)

- a. Pohon *Sonneratia ovata*
- b. Daun *Sonneratia ovata*
- c. Buah *Sonneratia ovata*⁹⁰

Klasifikasi dari *Sonneratia ovata* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Myrtales
 Family : Sonneratiaceae
 Genus : *Sonneratia*
 Species : *Sonneratia ovata*⁹¹

⁹⁰ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁹¹ Hardy Senen, Marthen Th. Lasut, dan Johny S. Tasirin, "Deskripsi Vegetasi Hutan Mangrove di Desa Pungkol, Kecamatan Tatapaan", (Diakses pada Tanggal 21 Maret 2022).

d. Famili Achantaceae

1) Api-api (*Avicennia alba*)

Avicennia alba merupakan jenis pionir pada habitat rawa dan mangrove di lokasi pantai yang terlindung, juga di bagian yang lebih asin di sepanjang pinggiran sungai yang masih dipengaruhi pasang surut, serta di sepanjang garis pantai. Umumnya menyukai bagian muka teluk dan akarnya dapat membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan daratan. Perbungaan terjadi sepanjang tahun dan genus ini kadang-kadang bersifat vivipar, dimana sebagian buah berkembangbiak ketika masih menempel di pohon.⁹² Pertumbuhan *Avicennia alba* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia seperti kelembaban tanah sebesar 60%, pH tanah sebesar 6,5, pH perairan 7,2, dan salinitas air 20/00.⁹³

⁹² Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 58.

⁹³ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.12 Api-api (*Avicennia alba*)

- a. Pohon *Avicennia alba*
- b. Daun *Avicennia alba*
- c. Buah *Avicennia alba*⁹⁴

Klasifikasi dari *Avicennia alba* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Scrophulariales
 Family : Acanthaceae
 Genus : *Avicennia*
 Species : *Avicennia alba*⁹⁵

⁹⁴ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

⁹⁵ Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis Flora di Ekosistem Mangrove*, (Medan: Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2013), h. 55.

2) Api-api Putih (*Avicennia marina*)

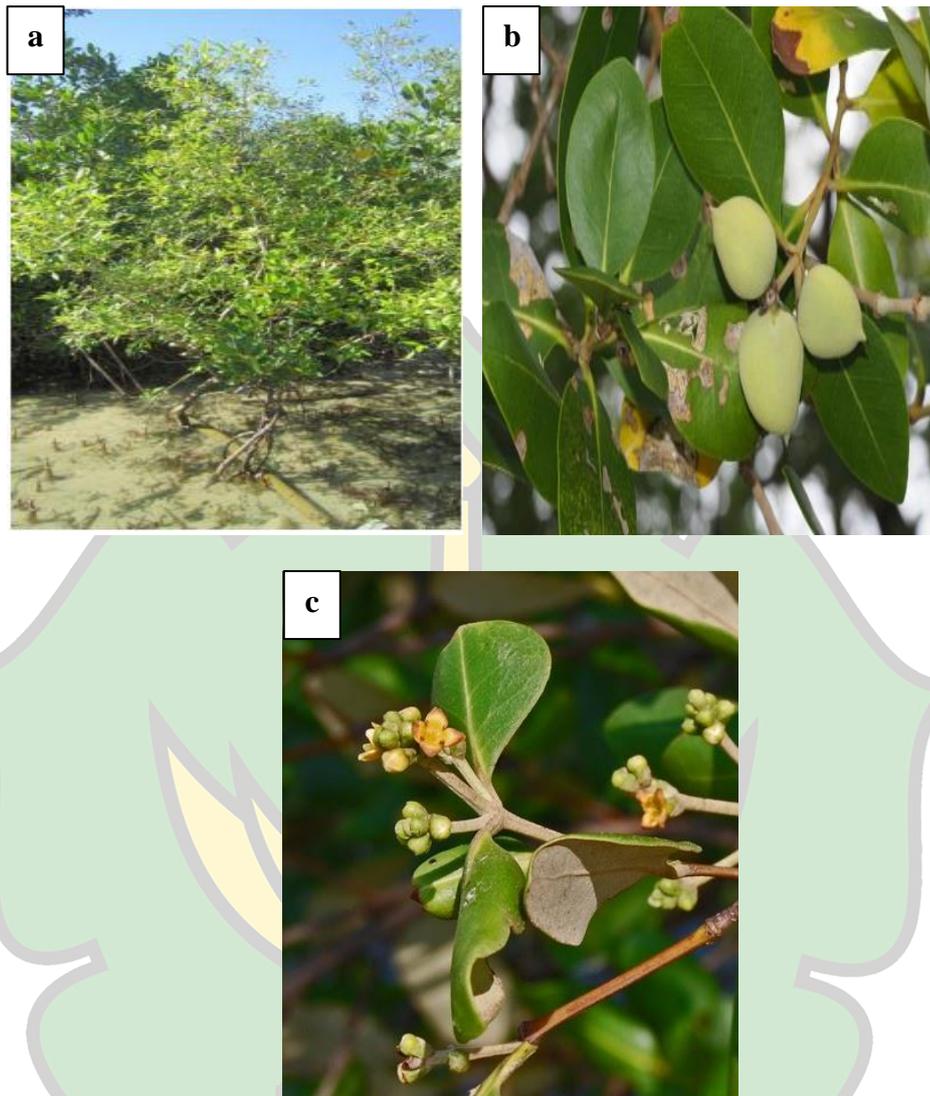
Avicennia marina merupakan tumbuhan pionir pada lahan pantai yang terlindung, memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut, bahkan di tempat asin sekaligus. Jenis ini merupakan salah satu jenis tumbuhan yang paling umum ditemukan di habitat pasang-surut. Akarnya membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jenis ini dapat juga bergerombol membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu, berbuah sepanjang tahun, dan kadang-kadang bersifat vivipar. Buahnya membuka pada saat telah matang, melalui lapisan dorsal, dan dapat juga terbuka karena dimakan semut atau setelah terjadi penyerapan air.⁹⁶

Avicennia marina termasuk ke dalam tumbuhan mangrove mayor, yaitu tumbuhan yang sepenuhnya hidup pada ekosistem mangrove di daerah pasang surut dan tidak tumbuh di ekosistem lain. Tumbuhan ini beradaptasi secara morfologi dan fisiologi untuk hidup dalam lingkungan mangrove. *Avicennia marina* tumbuh tegak atau menyebar dan ketinggian pohon mencapai 30 meter.⁹⁷ Pertumbuhan *Avicennia marina* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah 60% dengan salinitas air sebesar 20/00 serta pH perairan sebesar 7,3.⁹⁸

⁹⁶ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 60.

⁹⁷ Novi Utami Rosyid, *Fitoremediasi Mangrove*, (Jakarta: Guepedia, 2020), h. 37.

⁹⁸ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.13 Api-api Putih (*Avicennia marina*)
 a. Pohon *Avicennia marina*
 b. Daun dan Buah *Avicennia marina*
 c. Bunga *Avicennia marina*⁹⁹

Klasifikasi *Avicennia marina* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Scrophulariales
 Family : Acanthaceae
 Genus : *Avicennia*
 Species : *Avicennia marina*¹⁰⁰

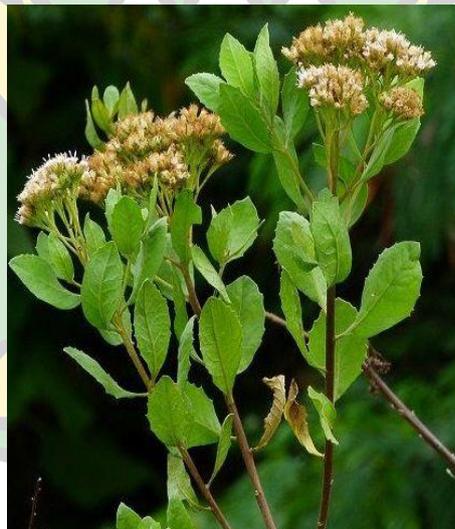
⁹⁹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹⁰⁰ Novi Utami Rosyid, *Fitoremediasi Mangrove...*, h. 47.

e. Famili Asteraceae

1) Beluntas (*Pluchea indica* L.)

Beluntas (*Pluchea indica* L.) adalah tumbuhan yang termasuk dalam kategori herba, memiliki tinggi 3 sampai 4 meter, daunnya tunggal dengan bentuk menjorong hingga bundar telur terbalik, dan tepi daunnya bergerigi.¹⁰¹ *Pluchea indica* L. tumbuh di daerah kering pada tanah yang keras dan memerlukan cukup cahaya matahari atau sedikit naungan.¹⁰² Pertumbuhan *Pluchea indica* L. juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah antara 50-60% dengan salinitas air sebesar 1,5-20/00 serta pH perairan sebesar 7,2-7,3.¹⁰³



Gambar 4.14 Beluntas (*Pluchea indica* L.)¹⁰⁴

¹⁰¹ Al Farishy, dkk, *Asteraceae Universitas Indonesia*, (Jakarta: UI Publishing, 2019), h. 72.

¹⁰² Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹⁰³ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹⁰⁴ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Klasifikasi dari *Pluchea indica* L. yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Scrophulariales
 Family : Asteraceae
 Genus : *Pluchea*
 Species : *Pluchea indica* (L.) Less.¹⁰⁵

f. Famili Aslepiadaceae

1) Biduri (*Calotropis gigantea*)

Calotropis gigantea termasuk ke dalam tumbuhan herba/semak yang ketinggiannya mencapai 3 m dan banyak memiliki banyak getah. Tumbuh pada habitat yang tidak tergenang air, pantai berpasir dan lahan berbatu, hingga ketinggian sekitar 300 m. Umumnya dijumpai di lahan-lahan pantai yang terbengkalai dan terbuka (mendapat sinar matahari penuh).¹⁰⁶

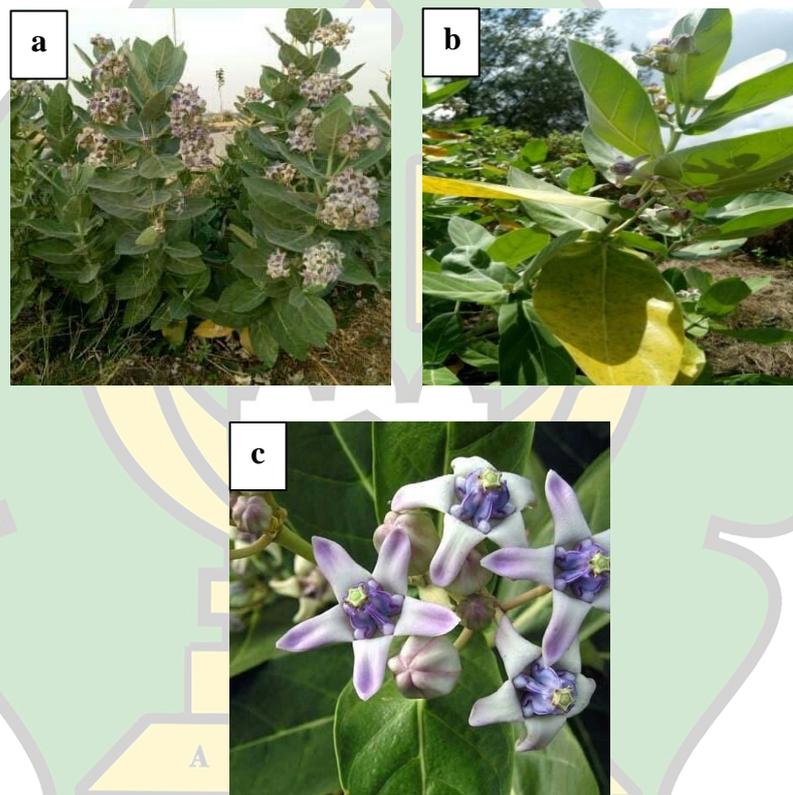
Posisi daun *Calotropis gigantea* berbentuk horizontal, permukaan daun (atas maupun bawah) dilapisi oleh rambut-rambut halus yang berwarna agak putih seperti tepung, unit dan letaknya sederhana dan berlawanan, bentuknya bulat telur melebar, dan ujungnya membulat dengan ukuran 10-20 x 3,5-5,5 cm. Memiliki tandan dan tangkai/gagang bunga yang panjang, letaknya pada ketiak daun, formasi seperti payung yang sedang dibuka, daun mahkotanya putih agak ungu, ukuran diameter 6-10 mm, kelopak bunga sebanyak 5, seperti piramid, kekar dan kaku,

¹⁰⁵ Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis...*, h. 22.

¹⁰⁶ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h.

berwarna ungu agak putih , dan diameternya 3-4 cm. Buahnya berbentuk bulat seperti kapsul dan di dalamnya terdapat banyak biji-biji yang permukaannya berambut halus.¹⁰⁷

Pertumbuhan *Calotropis gigantea* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah 60%.¹⁰⁸



Gambar 4.15 Biduri (*Calotropis gigantea*)
 a. Tumbuhan Biduri (*Calotropis gigantea*)
 b. Daun *Calotropis gigantea*
 c. Bunga *Calotropis gigantea*¹⁰⁹

¹⁰⁷ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 148.

¹⁰⁸ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹⁰⁹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Klasifikasi dari *Calotropis gigantea* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Asclepiadales
 Family : Asclepiadaceae
 Genus : *Calotropis*
 Species : *Calotropis gigantea*¹¹⁰

g) Famili Typhaceae

1) Lembang (*Typha angustifolia*)

Tanaman ekor kucing (*Typha angustifolia*) mudah didapatkan pada lahan basah alami Indonesia. Tanaman ini tidak mudah mati serta memiliki akar serabut yang sangat lebat sehingga penyerapan terhadap bahan unsur hara yang dibutuhkan relatif besar dan memiliki sistem perakaran yang banyak serta dapat menyerap zat organik di bagan air dan mempunyai daya tahan yang cukup kuat.¹¹¹ Pertumbuhan *Typha angustifolia* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah sebesar 50% dengan salinitas air sebesar 1,5⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.¹¹²

¹¹⁰ Ismiatul Karimah, Samsul Kamal, dan Nurdin Amin, *Vegetasi Mangrove...*, h. 50.

¹¹¹ Hidayah dan Wahyu, 2010 dalam Muhammad Arif Nikho, "Perbandingan Efektivitas Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dan Tanaman Iris (*Iris pseudacorus*) pada *Constructed Wetland* Terhadap Limbah Cair Industri Tahu", (Skripsi), 2020, h. 9.

¹¹² Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.16 Ekor Kucing (*Typha angustifolia*)¹¹³

Klasifikasi dari *Typha angustifolia* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Liliopsida
 Ordo : Typhales
 Family : Typhaceae
 Genus : *Typha*
 Species : *Typha angustifolia*¹¹⁴

h) Famili Myrsinaceae

1) Teruntung (*Aegiceras floridum*)

Aegiceras floridum adalah semak atau pohon kecil yang selalu hijau dan tumbuh lurus dengan ketinggian mencapai 4 m. Akarnya menjalar di permukaan tanah, kulit kayu bagian luar berwarna abu-abu hingga coklat, bercelah dan memiliki sejumlah lentisel. Jenis ini tumbuh di daerah mangrove, pada tepi pantai berpasir hingga tepi sungai, toleran

¹¹³ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹¹⁴ Muhammad Arif Nikho, “Perbandingan Efektivitas Tanaman Cattail (*Thypha angustifolia*) dan Tanaman Iris (*Iris pseudacorus*) pada *Constructed Wetland* Terhadap Limbah Cair Industri Tahu”, (Skripsi), 2020, h. 10.

terhadap salinitas yang tinggi, dan perbungaannya terjadi sepanjang tahun.¹¹⁵

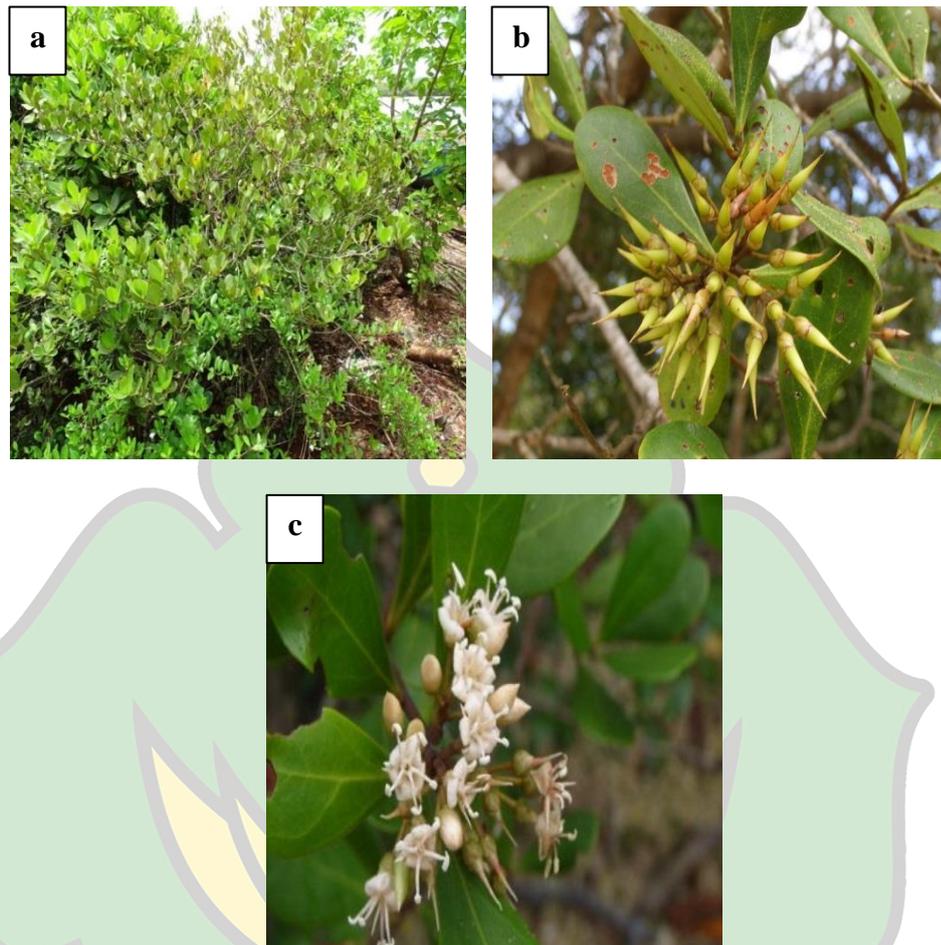
Memiliki daun berkulit, bagian atasnya terang dan hijau mengkilat, bagian bawahnya hijau pucat kadang kemerahan, kelenjar pembuangan garam terletak pada permukaan daun dan gagangnya, unit serta letaknya sederhana dan bersilangan, bentuknya bulat telur terbalik, ujungnya membulat, dan ukurannya 3-6 cm. Dalam satu tandan terdapat banyak bunga yang bergantung seperti lampion, masing-masing tangkai/gagang bunga panjangnya 4-6 mm, dan letaknya di ujung tandan/tangkai bunga. Buahnya berwarna hijau hingga merah, bentuknya agak lurus, buahnya berisi satu biji memanjang dan cepat rontok. Ukuran panjangnya 3 cm dan diameter 0,7 cm.¹¹⁶

Pertumbuhan *Aegiceras floridum* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah sebesar 50% dengan salinitas air sebesar 1,5⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.¹¹⁷

¹¹⁵ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 60.

¹¹⁶ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 60.

¹¹⁷ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.17 Teruntung (*Aegiceras floridum*)

- a. Pohon *Aegiceras floridum*
- b. Daun dan Buah *Aegiceras floridum*
- c. Bunga *Aegiceras floridum*¹¹⁸

Klasifikasi dari *Aegiceras floridum* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Primulales
 Family : Myrsinaceae
 Genus : *Aegiceras*
 Species : *Aegiceras floridum*¹¹⁹

¹¹⁸ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹¹⁹ Ismiatul Karimah, Samsul Kamal, dan Nurdin Amin, *Vegetasi Mangrove...*, h. 22.

i) Famili Fabaceae

1) Tuba Laut (*Derris trifoliata*)

Derris trifoliata adalah tumbuhan pemanjat/perambat berkayu, panjangnya mencapai 15 m atau lebih, kulit kayu berwarna coklat tua, dan batang yang lebih muda berwarna merah tua. Tumbuh pada substrat berpasir dan berlumpur pada bagian tepi daratan dari habitat mangrove. *Derris trifoliata* menyukai areal yang mendapat pasokan air tawar, tergenang secara tidak teratur oleh air pasang surut. Biji dan polongnya beradaptasi dengan penyebaran melalui air dan juga angin.¹²⁰

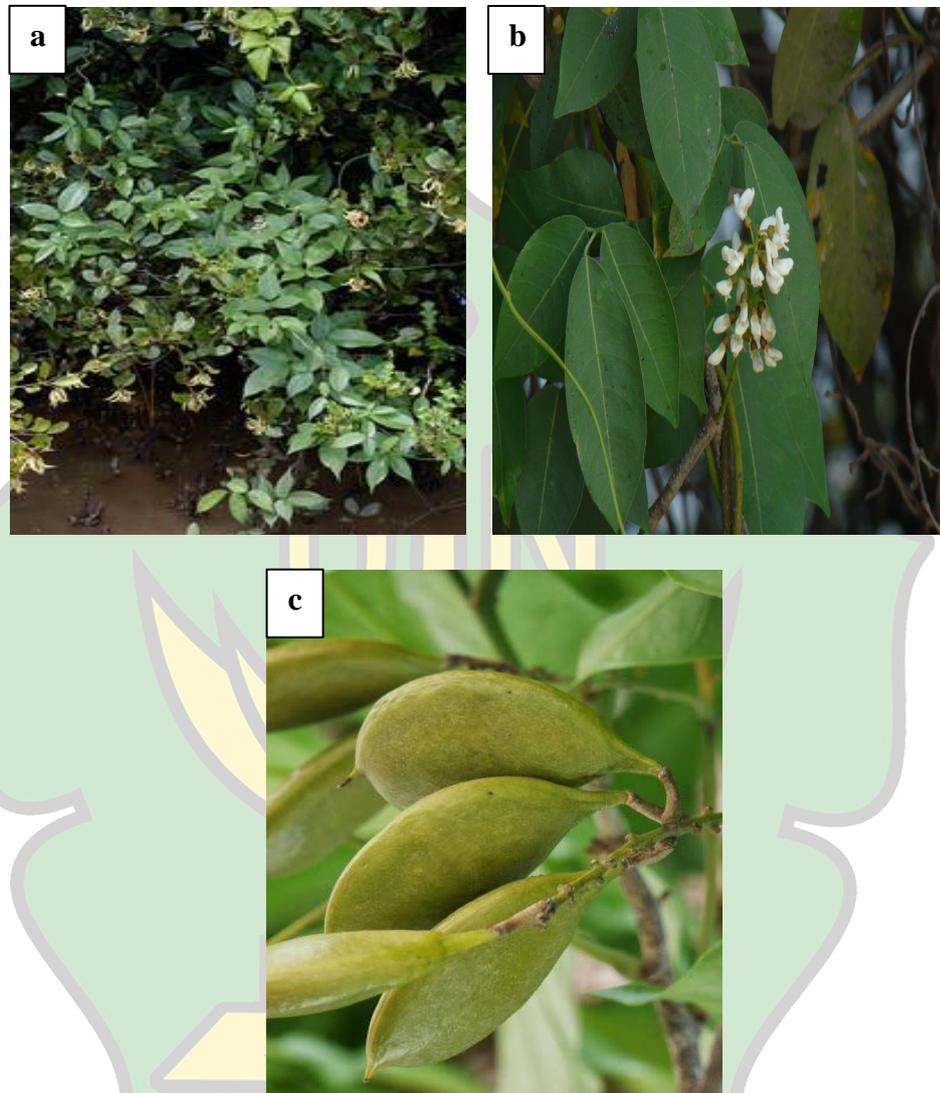
Memiliki 3-7 pinak daun, permukaan atasnya berwarna hijau mengkilat dan bagian bawah abu-abu hijau, unit dan letaknya majemuk dan bersilangan, bentuknya bulat telur atau elips, ujungnya meruncing, serta ukurannya 6-13 x 2-6 cm. Bunga termasuk biseksual, tandang bunga panjangnya 7-20 cm, dan gagang bunga panjangnya 2 mm, letaknya di ketiak batang yang tumbuh horizontal sepanjang permukaan tanah, daun mahkotanya berwarna ungu agak putih-merah muda pucat, dan panjangnya sekitar 1 cm. Polong berkulit, bulat memanjang atau hampir bundar, tipis/pipih, dan bergerombol.¹²¹

Pertumbuhan *Derris trifoliata* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah

¹²⁰ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 154.

¹²¹ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 154.

sebesar 50% dengan salinitas air sebesar 1,5⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.¹²²



Gambar 4.18 Tuba Laut (*Derris trifoliata*)

a. Pohon *Derris trifoliata*

b. Daun dan Bunga *Derris trifoliata*

c. Buah *Derris trifoliata*¹²³

¹²² Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹²³ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

Klasifikasi dari *Derris trifoliata* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Fabales
 Family : Fabaceae
 Genus : *Derris*
 Species : *Derris trifoliata* Lour¹²⁴

j) Famili Cyperaceae

1) Berkarat Alang (*Fimbristylis ferruginea* (L.) Vahl)

Fimbristylis ferruginea merupakan spesies fimbry yang dikenal dengan nama umum berkarat alang. Tanaman ini umumnya tumbuh disepanjang garis pantai dan muara dari Australia. Bunganya berwarna coklat khas berkarat muncul pada gabah tunggal dari Mei hingga Juli.¹²⁵

Pertumbuhan *Fimbristylis ferruginea* juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah sebesar 50% dengan salinitas air sebesar 1,5⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.¹²⁶

¹²⁴ Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis...*, h. 46.

¹²⁵ Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis...*, h. 26.

¹²⁶ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.



Gambar 4.19 Berkarat Alang (*Fimbristylis ferruginea*)¹²⁷

Klasifikasi dari *Fimbristylis ferruginea* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Class : Liliopsida
 Order : Cyperales
 Family : Cyperaceae
 Genus : *Fimbristylis*
 Species : *Fimbristylis ferruginea*¹²⁸

k) Famili Pteridaceae

1) Paku Laut (*Acrostichum aureum* L.)

Acrostichum aureum L. merupakan ferna tahunan yang tumbuh di mangrove dan pematang tambak, sepanjang sungai payau serta saluran. Berbentuk tandan di tanah, besar, dan tinggi hingga 4 m. Batangnya timbul dan lurus, ditutupi oleh urat yang besar, menebal di bagian pangkal, coklat tua dengan peruratan yang luas, pucat, tipis ujungnya, bercampur dengan urat yang sempit dan tipis. Jenis ini ditemukan di bagian daratan dari

¹²⁷ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹²⁸ Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis...*, h. 26.

mangrove, biasa terdapat pada habitat yang sudah rusak, seperti areal mangrove yang telah ditebangi yang kemudian akan menghambat tumbuhan mangrove untuk beregenerasi. *Acrostichum aureum* L. menyukai areal yang terbuka terang dan disinari matahari.¹²⁹

Pertumbuhan *Acrostichum aureum* L. juga dipengaruhi oleh faktor fisika-kimia lingkungan seperti pH tanah sebesar 6,5 dan kelembaban tanah sebesar 50% dengan salinitas air sebesar 1,5⁰/₀₀ serta pH perairan sebesar 7,2.¹³⁰



Gambar 4.20 Paku Laut (*Acrostichum aureum* L.)¹³¹

Klasifikasi dari *Acrostichum aureum* L. yaitu sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Pteridophyta
Class	: Pteridopsida
Order	: Pteridales
Family	: Pteridaceae
Genus	: <i>Acrostichum</i>
Species	: <i>Acrostichum aureum</i> L. ¹³²

¹²⁹ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenal...*, h. 52.

¹³⁰ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹³¹ Hasil Penelitian di Kecamatan Kuta Raja.

¹³² Yunasfi, dkk, *Jenis-Jenis...*, h. 86.

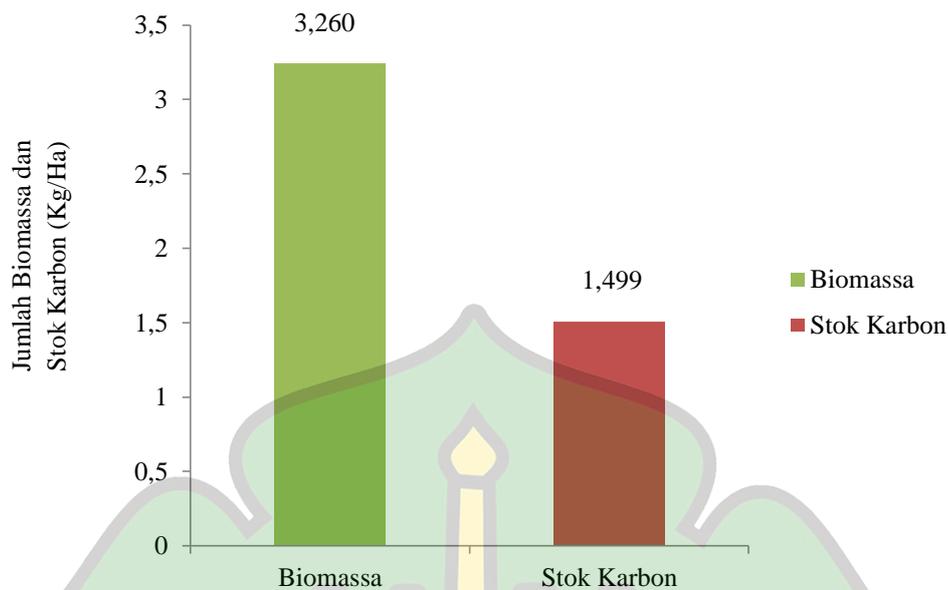
2. Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa jumlah biomassa pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh yaitu 3,260 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 1,499 Kg/Ha. Estimasi biomassa dan stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Estimasi Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

No.	Famili	Nama Ilmiah	Nama Daerah	Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
1.	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau Kacang	0,119	0,054
		<i>Rhizophora stylosa</i>	Bakau Putih	0,511	0,235
		<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau Hitam	0,143	0,065
		<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Tanjang Merah	0,696	0,320
2.	Arecaceae	<i>Nypa fruticans</i>	Nipah	0,189	0,087
3.	Sonneratiaceae	<i>Sonneratia alba</i>	Pedada	0,198	0,091
		<i>Sonneratia ovata</i>	Bogem	0,137	0,063
4.	Achantaceae	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	0,119	0,054
		<i>Avicennia marina</i>	Api-api Putih	0,129	0,059
5.	Asteraceae	<i>Pluchea indica</i> L.	Beluntas	0,112	0,051
6.	Aslepiadaceae	<i>Calotropis gigantea</i>	Biduri	0,161	0,074
7.	Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i>	Ekor Kucing	0,269	0,123
8.	Myrsinaceae	<i>Aegiceras floridum</i>	Teruntung	0,075	0,034
9.	Fabaceae	<i>Derris trifoliata</i>	Tuba Laut	0,068	0,031
10.	Cyperaceae	<i>Fimbristylis ferruginea</i>	Berkarat Alang	0,194	0,089
11.	Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i> L.	Paku Laut	0,134	0,061
Jumlah Kg/100 m ²				3,260	1,499

Berdasarkan Tabel 4.2 ditemukan bahwa jumlah biomassa yang paling banyak terdapat pada *Bruguiera gymnorrhiza* yaitu 0,696 Kg/Ha, dengan stok karbon sebesar 0,320 Kg/Ha. Jumlah biomassa yang paling sedang terdapat pada jenis *Sonneratia ovata* yaitu 0,137 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,063 Kg/Ha, dan biomassa paling sedikit terdapat pada jenis *Derris trifoliata* yaitu 0,063 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,031 Kg/Ha. Jumlah biomassa dan stok karbon di Kecamatan Kuta Raja dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.21 Grafik Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Berdasarkan Gambar 4.21 grafik biomassa dan stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja diketahui bahwa jumlah biomassa tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja hampir mencapai 3,5 Kg/Ha dan stok karbon sebesar 1,499 Kg/Ha, dimana stok karbon akan besar apabila biomassa yang dimiliki dari setiap jenis tumbuhan juga besar. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Choridina bahwa serapan gas karbondioksida (CO_2) akan besar apabila total kandungan karbon dan biomassa yang dimiliki tumbuhan juga ikut besar, begitu pula sebaliknya.¹³³

Estimasi biomassa dan stok karbon pada tumbuhan mangrove di setiap stasiun Kecamatan Kuta Raja kota Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel berikut.

¹³³ Choridina Kareninsekar dan Insafitri, "Stok dan Serapan Karbon pada Jenis Manrove yang Berbeda (*Rhizophora stylosa*, *Avicennia marina* dan *Bruguiera gymnorrhiza*) di Perairan Tuban", *Jurnal Juvenil*, Vol. 1, No. 2, (2020), h. 224.

a. Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1

Tabel 4.3 Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1

No	Jenis		Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah		
1	Bakau Merah	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,116	0,053
2	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,696	0,320
3	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	0,198	0,091
4	Bogem	<i>Sonneratia ovata</i>	0,137	0,063
5	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	0,084	0,039
6	Api-api Putih	<i>Avicennia marina</i>	0,129	0,059
7	Beluntas	<i>Pluchea indica</i> L.	0,108	0,049
8	Biduri	<i>Calotropis gigantea</i>	0,161	0,074
Jumlah Kg/100 m ²			1,631	0,750

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa jumlah biomassa tumbuhan mangrove di stasiun 1 Gampong Pande yaitu 1,631 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,750 Kg/Ha. Biomassa paling banyak terdapat pada jenis *Rhizophora stylosa* yaitu 0,696 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,320 Kg/Ha. Jumlah biomassa paling sedang terdapat pada jenis *Sonneratia ovata* yaitu 0,137 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,063 Kg/Ha. Sedangkan jumlah biomassa paling sedikit terdapat pada jenis *Avicennia alba* yaitu 0,084 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,039 Kg/Ha.

b. Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2

Tabel 4.4 Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2

No	Jenis		Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah		
1	Bakau Merah	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,120	0,055
2	Ekor Kucing	<i>Typha angustifolia</i>	0,269	0,123
3	Tuba Laut	<i>Derris trifoliata</i>	0,068	0,031
4	Bogem	<i>Sonneratia ovata</i>	0,137	0,063
5	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	0,182	0,083
6	Paku Laut	<i>Acrostichum aureum</i> L.	0,134	0,061
7	Teruntung	<i>Aegiceras floridum</i>	0,075	0,034
8	Beluntas	<i>Pluchea indica</i> L.	0,117	0,053
9	Berkarat Alang	<i>Fimbristylis ferruginea</i>	0,194	0,089
10	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,045	0,021
11	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,693	0,318

Jumlah Kg/100 m ²	2,038	0,937
------------------------------	-------	-------

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa jumlah biomassa tumbuhan mangrove di stasiun 2 yaitu 2,038 Kg/Ha, dengan jumlah stok karbon sebesar 0,937 Kg/Ha. Biomassa paling banyak terdapat pada *Rhizophora stylosa* yaitu 0,693 Kg/Ha dengan stok karbon 0,318 Kg/Ha. Biomassa paling sedang terdapat pada jenis *Acrostichum aureum* L. yaitu 0,134 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,061 Kg/Ha, sedangkan biomassa terkecil terdapat pada *Rhizophora mucronata* yaitu hanya 0,045 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,021 Kg/Ha.

c. Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3

Tabel 4.5 Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3 Gampong Jawa

No	Jenis		Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah		
1	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,183	0,084
2	Tanjang Merah	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	0,696	0,320
3	Pedada	<i>Sonneratia alba</i>	0,198	0,091
4	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	0,137	0,063
5	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,084	0,039
6	Bakau Kacang	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,129	0,059
7	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	0,166	0,076
Jumlah Kg/100 m ²			1,593	0,732

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa jumlah kandungan biomassa tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 3 yaitu 1,59621 Kg/Ha, dengan stok karbon sebesar 0,732 Kg/Ha. Biomassa terbesar terdapat pada spesies *Bruguiera gymnorrhiza* yaitu 0,696 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,320 Kg/Ha. Jumlah biomassa paling sedang terdapat pada jenis *Avicennia alba* yaitu 0,166 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,076 Kg/Ha, sedangkan biomassa paling sedikit terdapat pada *Rhizophora*

stylosa yaitu 0,084 Kg/Ha dengan jumlah stok karbon sebanyak 0,039 Kg/Ha.

d. Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4

Tabel 4.6 Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4

No	Jenis		Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah		
1	Bakau Kacang	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,110	0,050
2	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,572	0,263
3	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	0,242	0,111
4	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,200	0,092
5	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	0,106	0,048
Jumlah Kg/100 m ²			1,231	0,566

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa jumlah kandungan biomassa tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 4 yaitu sebesar 1,23195 Kg/Ha, dengan jumlah stok karbon sebanyak 0,566 Kg/Ha. Biomassa terbesar terdapat pada *Rhizophora stylosa* yaitu 0,572 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,263 Kg/Ha. Jumlah biomassa paling sedang terdapat pada jenis *Rhizophora mucronata* yaitu 0,200 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,092 Kg/Ha, sedangkan biomassa terkecil terdapat pada *Avicennia alba* yaitu sebesar 0,106 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,048 Kg/Ha.

3. Uji Kelayakan *Output* Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Hasil uji kelayakan *output* dilakukan untuk mengetahui apakah *output* yang dihasilkan layak atau tidak layak. Uji kelayakan *output* berupa buku ajar ini dilakukan oleh dosen ahli materi dan ahli media dengan memvalidasi *output* yang dihasilkan. Hasil uji kelayakan *output* dilakukan melalui indikator penilaian materi yang terdiri dari aspek kelayakan isi dan aspek pengembangan sedangkan

penilaian media terdiri dari aspek kelayakan penyajian dan aspek kelayakan kegrafikan.

Berdasarkan hasil validasi *output* berupa buku ajar dari penilaian ahli materi dan ahli media dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Validasi Materi Terhadap Buku Ajar

Indikator Penilaian Kelayakan Isi	Skor Validator				
	1	2	3	4	5
Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan buku ajar					√
Kelengkapan materi					√
Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan silabus mata kuliah				√	
Kejelasan materi				√	
Keakuratan konsep atau teori				√	
Keakuratan gambar atau ilustrasi				√	
Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini				√	
Total skor komponen kelayakan isi			30		
Indikator Penilaian Aspek Pengembangan	Skor Validator				
	1	2	3	4	5
Konsistensi sistematika penyajian				√	
Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				√	
Koherensi substansi				√	
Keseimbangan substansi				√	
Kesesuaian dan ketetapan ilustrasi dengan materi				√	
Adanya rujukan atau sumber acuan					√
Total skor komponen pengembangan			25		

Hasil rata-rata total skor penilaian kelayakan isi dan penilaian aspek pengembangan dari validator selanjutnya diformulasikan ke dalam rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hasil} &= \frac{\text{total skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \\ &= \frac{55}{65} \times 100\% \\ &= 84,61\% \end{aligned}$$

Berdasarkan formulasi di atas menunjukkan bahwa hasil uji kelayakan buku ajar stok karbon oleh validator ahli materi diperoleh skor total 84,61%. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar stok karbon pada tumbuhan mangrove sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar. Selain validasi penilaian ahli materi, juga dilakukan validasi ahli media yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Validasi Media Terhadap Buku Ajar

Indikator Penilaian Kelayakan	Skor				
	1	2	3	4	5
Penyajian					
Konsistensi sistematika sajian				√	
Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				√	
Kesesuaian dan ketepatan gambar dengan materi				√	
Ketepatan penyetikan dan pemilihan gambar				√	
Total skor komponen kelayakan penyajian			16		
Indikator Penilaian Kelayakan	Skor				
	1	2	3	4	5
Kegrafikan					
1. Ukuran Buku: Kesesuaian ukuran buku dengan Standar ISO				√	
2. Desain Cover: a) Tata letak				√	

Indikator Penilaian Kelayakan	Skor				
	1	2	3	4	5
Kegrafikan					
b) Komposisi dan ukuran unsur tata letak				√	
c) Huruf			√		
3. Desain Isi Buku					√
a) Pencerminan isi buku					√
b) Keharmonisan tata letak				√	
c) Kelengkapan tata letak				√	
d) Tipografi isi				√	
Total skor komponen kelayakan kegrafikan			32		

Hasil rata-rata total skor penilaian kelayakan penyajian dan penilaian kelayakan kegrafikan dari validator selanjutnya diformulasikan ke dalam rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil} &= \frac{\text{total skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \\
 &= \frac{48}{60} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Hasil uji kelayakan buku ajar stok karbon oleh validator ahli media diperoleh total skor 80%. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar stok karbon pada tumbuhan mangrove layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar. Sehingga diperoleh rata-rata total skor validasi ahli materi dan ahli media sebesar 82,3% yang dikategorikan sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar tambahan pada mata kuliah Ekologi Tumbuhan.

Buku ajar tentang stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh berisi tentang sinopsis, kata pengantar, daftar isi,

daftar tabel, daftar gambar, klasifikasi dan deskripsi tumbuhan mangrove, jumlah stok karbon pada tumbuhan mangrove, serta faktor fisika-kimia lingkungan yang berpengaruh terhadap tumbuhan mangrove berdasarkan penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh, dan daftar pustaka. Cover buku dapat dilihat pada Gambar 4.22 di bawah ini.



Gambar 4.22 Cover Buku Ajar

B. Pembahasan

1. Komposisi Jenis Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Berdasarkan hasil penelitian, jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh memiliki jenis yang beragam dengan jumlah yang cukup banyak. Hal tersebut dikarenakan lokasi yang berbeda pada habitat mangrove tersebut tumbuh. Pada lokasi penelitian di stasiun 1 dan 2 Gampong Pande merupakan kawasan yang berada di daerah aliran air sungai yang tidak mengalami hempasan air laut secara langsung dan dekat dengan tambak

warga. Stasiun 3 berada di Gampong Jawa yang lokasinya berhadapan langsung dengan air laut. Stasiun 4 berada di Gampong Peulanggahan yang dekat dengan pemukiman penduduk.

Parameter faktor fisika-kimia yang terukur pada keempat stasiun menunjukkan bahwa rata-rata pH tanah yaitu 5,92, kelembaban tanah berkisar antara 50-60% dengan rata-rata sebesar 55,25%, pH air memiliki rata-rata 7,2, dengan salinitas air yang bervariasi sekitar 1,5 - 20⁰/₀₀. Kisaran parameter kualitas perairan ini masih merupakan kisaran yang baik bagi kelangsungan hidup tumbuhan mangrove.¹³⁴ Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah dengan salinitas 10-30⁰/₀₀¹³⁵, salinitas di lokasi penelitian berkisar antara 1,5 - 20⁰/₀₀ yang menunjukkan bahwa salinitas pada lokasi ini dalam keadaan yang ideal untuk pertumbuhan mangrove. Hal ini sesuai dengan pernyataan Watson dkk yang mengemukakan bahwa salinitas kawasan mangrove sangat bervariasi, yaitu berkisar antara 0,5 – 35⁰/₀₀ (salinitas dalam keadaan ideal untuk pertumbuhan mangrove).¹³⁶

Kelembaban tanah di lokasi penelitian berkisar antara 50-60%, hal ini menunjukkan bahwa di daerah penelitian memiliki tingkat kelembaban tanah yang optimum untuk pertumbuhan mangrove. Keadaan ini dapat terjadi karena tanah di daerah mangrove yang hampir selalu tergenang air menyebabkan substrat tanahnya berlumpur dan basah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Susanti yang

¹³⁴ Maizaldi, dkk, "Estimasi Jumlah Stok Karbon yang Tersimpan di Lahan Basah Desa Sungai Tohor Kecamatan Tebing Tinggi Timur Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau", *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*, Vol. 6, No. 2, (2019), h. 64.

¹³⁵ Hambran, Riza Linda, dan Irwan Lovadi, "Analisa Vegetasi Mangrove di Desa Sebusub Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas", *Jurnal Protobiont*, Vol. 3, No. 2, (2014), h. 207.

¹³⁶ Hambran, Riza Linda, dan Irwan Lovadi, "Analisa Vegetasi...", h. 207.

menyatakan bahwa level optimum untuk kelembaban tanah berkisar antara 50-80%.¹³⁷ Pengukuran pH tanah di lokasi penelitian berkisar antara 5,3 – 6,5, hal ini menunjukkan bahwa keadaan tanah di kawasan mangrove termasuk kategori asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardiansyah bahwa tanah di kawasan mangrove asam dan mengandung ion SO_4^{2-} (49,50 – 586,93) yang tergolong sedang sampai tinggi sehingga tanahnya merupakan tanah sulfat masam. Keadaan ini terjadi karena daerah mangrove selalu tergenang air dan banyak sekali seresah-seresah yang menghasilkan asam organik, sehingga menurunkan pH tanah.¹³⁸

Kawasan tumbuhan mangrove merupakan kawasan dengan kondisi air pasang surut, sehingga penting mengetahui pH perairannya juga. Hasil pengukuran diperoleh kisaran pH air di lokasi penelitian antara 7,1-7,3 yang menunjukkan pH perairan netral, sehingga banyak tumbuhan mangrove yang dapat hidup dan beradaptasi dengan pH tanah mangrove yang asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardiansyah bahwa meskipun pH tanah di kawasan mangrove asam jika pH air netral, maka banyak juga tumbuhan yang dapat hidup dan beradaptasi dengan pH tanah mangrove yang asam.¹³⁹ Pentingnya mengetahui parameter faktor fisika-kimia lingkungan di lokasi penelitian untuk mengetahui apakah kondisi lingkungannya cocok atau tidak dengan pertumbuhan mangrove yang nantinya juga berhubungan dengan jumlah stok karbon yang tersimpan pada tumbuhan mangrove tersebut, jika tumbuhan mangrove tumbuh dengan subur

¹³⁷ Ismatul Hidayah, Hardiansyah, dan Noorhidayati, “Keanekaragaman Herba di Kawasan Mangrove Muara Aluh-Aluh”, *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, Vol. 7, No. 1, (2022), h. 62.

¹³⁸ Ismatul Hidayah, Hardiansyah, dan Noorhidayati, “Keanekaragaman...”, h. 62.

¹³⁹ Ismatul Hidayah, Hardiansyah, dan Noorhidayati, “Keanekaragaman...”, h. 62.

maka kandungan stok karbon yang tersimpan juga banyak dan begitu juga sebaliknya, jika kondisi lingkungannya tidak baik maka pertumbuhan mangrove juga akan menurun yang berpotensi jumlah stok karbonnya juga rendah.

Jenis tumbuhan mangrove yang ditemukan di Kecamatan Kuta Raja didominasi oleh mangrove sejati. Jenis mangrove sejati yang ditemukan pada seluruh stasiun terdiri dari 11 jenis, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia ovata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Aegiceras floridum*, dan *Acrostichum aureum* L. sedangkan mangrove tidak sejati (mangrove asosiasi) yang ditemukan di Kecamatan Kuta Raja yaitu terdiri dari 5 jenis, yaitu *Pluchea indica* L., *Calotropis gigantea*, *Typha angustifolia*, *Derris trifoliata*, dan *Fimbristylis ferruginea*.

Pada Tabel 4.1 diketahui bahwa terdapat 16 jenis tumbuhan mangrove dari 11 famili. Spesies yang sebarannya merata pada seluruh stasiun terdapat pada *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Nypa fruticans*. Sedangkan jenis yang paling sedikit sebarannya dan hanya terdapat di satu stasiun adalah *Typha angustifolia*, *Aegiceras floridum*, *Derris trifoliata*, *Fimbristylis ferruginea*, dan *Acrostichum aureum* L. Hal tersebut sesuai yang dikatakan oleh Frida Sidik dkk, bahwa mangrove sejati yaitu tumbuhan yang membentuk spesialisasi morfologis seperti akar udara dan mekanisme fisiologis khusus lainnya untuk mengeluarkan garam agar dapat beradaptasi dengan lingkungan mangrove. Sedangkan mangrove

tidak sejati (mangrove asosiasi) yaitu kelompok yang tidak pernah tumbuh di dalam komunitas mangrove sejati dan biasanya hidup bersama tumbuhan darat.¹⁴⁰

Jenis tumbuhan mangrove terbanyak di Kecamatan Kuta Raja terdapat pada famili Rhizophoraceae, hal tersebut sesuai yang dikatakan oleh bahwa tingkat dominasi famili ini mencapai 90% dari vegetasi yang tumbuh di suatu lokasi dan dilihat dari ekologi famili Rhizophoraceae tumbuh pada tanah berlumpur, halus, dan tergenang pada saat pasang normal.¹⁴¹ Spesies yang memiliki jumlah terbanyak adalah *Rhizophora apiculata* dan spesies yang memiliki jumlah paling sedikit adalah *Derris trifoliata*.

Rhizophora apiculata memiliki jumlah paling banyak dikarenakan daerah di Kecamatan Kuta Raja merupakan habitat yang sesuai dengan pertumbuhan spesies ini. Kawasan tempat tumbuhnya mangrove di Kecamatan Kuta Raja berada di wilayah pasang surut berkala, adanya tambak, serta kawasan air payau. Kawasan tersebut terdiri dari substrat tanah berlumpur dan halus, sehingga spesies *Rhizophora apiculata* banyak tersebar di seluruh stasiun penelitian. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan oleh Yus Rusila Noor bahwa *Rhizophora apiculata* tumbuh pada tanah berlumpur, halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal serta tidak menyukai substrat yang lebih keras.¹⁴²

Derris trifoliata adalah jenis yang paling sedikit ditemukan pada stasiun penelitian dan hanya ditemukan di stasiun 2 Gampong Pande yang jumlahnya

¹⁴⁰ Frida Sidik, dkk, *Panduan Mangrove Estuari Perancak*, (Bali: BROL, 2018), h. 1.

¹⁴¹ Akhmad Syakur, "Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove di Kelurahan Takalala Kecamatan Wara Selatan Kota Palopo", *Jurnal Pendidikan Bilogi*, Vol. 4, No. 1, (2019), h. 9.

¹⁴² Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 118.

hanya 4 individu. Hal ini dikarenakan pada stasiun 2 Gampong Pande memiliki substrat berpasir dan berlumpur pada tepi daratan yang juga sesuai dengan pernyataan Yus Rusila Noor bahwa *Derris trifoliata* tumbuh pada substrat berpasir dan berlumpur pada bagian tepi daratan dari habitat mangrove serta menyukai areal yang mendapat pasokan air tawar dan tergenang secara tidak teratur oleh air pasang surut.¹⁴³

Komposisi dan struktur jenis tumbuhan mangrove tersebut berbeda-beda secara spasial maupun temporal akibat pengaruh geofisik, geografi, geologi, hidrografi, iklim, faktor edafik dan kondisi lingkungan lainnya.¹⁴⁴ Serta pola zonasi yang berbeda juga mempengaruhi persebaran tumbuhan mangrove di setiap stasiun penelitian. Hal ini sesuai pernyataan Kartawinata dan Waluyo yang menyatakan bahwa faktor utama yang menyebabkan adanya zonasi pada kawasan mangrove adalah sifat-sifat substrat seperti jenis substrat maupun kandungan bahan organiknya, di samping faktor salinitas, frekuensi serta tingkat penggenangan dan ketahanan suatu jenis terhadap ombak dan arus, sehingga variasi zonasi ini memanjang dari daratan sampai ke pantai.¹⁴⁵

¹⁴³ Yus Rusila Noor, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra, *Panduan Pengenalan...*, h. 154.

¹⁴⁴ Bandaranayake, 1998 dalam Otto Mandosir, Sayyid Afdhal El Rahimi, dan Muhammad, "Struktur Komunitas Mangrove di Gampong Jawa Kecamatan Kuta Raja Provinsi Aceh", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, Vol. 2, No. 3, (2017), h. 376.

¹⁴⁵ Darmadi, M. Wahyudin Lewaru, dan Alexander M.A. Khan, "Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat di Muara Harmin Desa Cangkring Kecamatan Cantigi Kabupaten Indramayu", *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 3, No. 3, (2012), h. 357.

2. Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah estimasi stok karbon tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja adalah 1,499 Kg/Ha dengan biomassa sebesar 3,260 Kg/Ha. Jumlah stok karbon yang paling banyak terdapat pada *Bruguiera gymnorrhiza* yaitu 0,320 Kg/Ha, jenis ini ditemukan di stasiun 3 Gampong Jawa. Tingginya stok karbon pada *Bruguiera gymnorrhiza* disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya memiliki diameter batang yang cukup besar dan tinggi pohon yang lumayan tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mandari *et al.* bahwa semakin besar diameter suatu pohon maka nilai biomasanya juga akan semakin besar. Menurut Syam'ani *et al.* biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ di atmosfer dan mengubahnya menjadi senyawa organik dari proses fotosintesis, hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horizontal dan vertikal ditandai dengan bertambahnya diameter dan tinggi.¹⁴⁶

Jumlah stok karbon paling sedikit terdapat pada *Derris trifoliata* yaitu 0,031 Kg/Ha. Jenis ini tersebar di stasiun 2 Gampong Pande. Rendahnya stok karbon pada jenis ini dipengaruhi oleh diameter batang yang tidak terlalu besar dan jumlahnya sedikit yang hanya tersebar di stasiun 2, sehingga memungkinkan stok karbon yang tersimpan pada jenis ini tidak banyak. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Agus Hartoko bahwa biomassa dan stok karbon pohon terbesar diperoleh pada pohon yang berdiameter paling besar pula. Hal ini disebabkan stok karbon berkaitan erat dengan proses fotosintesis, dimana biomassa akan

¹⁴⁶ Andin Irsadi, Nana Kariada Tri Martuti, dan Satya Budi Nugraha, "Estimasi Stok Karbon...", h. 123.

bertambah apabila tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik dari proses fotosintesis.¹⁴⁷

Jumlah stok karbon yang paling banyak terdapat di stasiun 2 Gampong Pande yaitu 0,937 Kg/Ha dengan biomassa sebesar 2,038 Kg/Ha. Jumlah tersebut akan terus bertambah seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan pohon¹⁴⁸, karena tumbuhan mangrove di Gampong Pande masih membutuhkan perawatan dan pemeliharaan yang baik sehingga dapat berfungsi dengan baik. Selanjutnya diikuti oleh stasiun 1 Gampong Pande yang memiliki stok karbon sebesar 0,750 Kg/Ha, kemudian di stasiun 3 Gampong Jawa dengan stok karbon sebesar 0,734 Kg/Ha, dan di stasiun 4 Gampong Peulanggahan dengan jumlah stok karbon sebesar 0,566 Kg/Ha.

Kandungan stok karbon pada tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja memiliki jumlah yang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh nilai biomassa setiap jenis mangrove berbeda dan dipengaruhi oleh kemampuan penyerapan karbon yang dapat diakumulasi berdasarkan nilai massa jenis, diameter pohon ataupun ketinggiannya. Hal ini sesuai penelitian Rahman yang menyatakan bahwa secara umum nilai biomassa setiap spesies mangrove berbeda dan dipengaruhi oleh kemampuan sekuestrasi yang dapat dianalisis berdasarkan nilai massa jenis, diameter pohon ataupun ketinggiannya.¹⁴⁹

¹⁴⁷ Agus Hartoko, Suryanti, dan Dewanti Ayu Febrianti, "Biomassa Karbon Vegetasi Mangrove Melalui Analisa Data Lapangan dan Citra Satelit Geoeye di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa", *Journal of Management of Aquatic Resources*, Vol. 2, No. 2, (2013), h. 12.

¹⁴⁸ Nurdin Amin, "Cadangan Karbon...", h. 74.

¹⁴⁹ Rahman, Hefni Effendi, dan Iman Rusmana, "Estimasi Stok dan Serapan Karbon pada Mangrove di Sungai Tallo, Makassar", *Jurnal Ilmu Kehutanan*, Vol. 11, No. 1, (2017), h. 24.

Perbedaan jumlah stok karbon pada setiap stasiun penelitian dikarenakan keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada dan keragaman jenisnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu bahwa jumlah karbon tersimpan antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya. Penyimpanan karbon suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik.¹⁵⁰ Banyaknya jenis pohon pada suatu lahan dapat mengimbangi jumlah karbon yang terbebas di udara. Nilai stok karbon mencerminkan dinamika karbon dari sistem penggunaan lahan yang berbeda, yang nantinya digunakan untuk menghitung *timeaveraged* karbon di atas permukaan tanah pada masing-masing sistem.¹⁵¹

Berdasarkan Tabel 4.3 estimasi stok karbon tumbuhan mangrove di stasiun 1 Gampong Pande memiliki jumlah biomassa tumbuhan mangrove sebanyak 1,63 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,75 Kg/Ha. Jumlah biomassa terbanyak terdapat pada spesies *Rhizophora stylosa* yaitu sebesar 0,69 Kg/Ha dengan stok karbon mencapai 0,32 Kg/Ha. Tingginya jumlah biomassa dan stok karbon pada *Rhizophora stylosa* dipengaruhi oleh lingkungannya, memiliki daun yang cukup banyak, serta memiliki diameter batang yang juga cukup besar, sehingga memungkinkan menyerap karbon lebih besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Andin Irsadi bahwa tingginya karbon pada bagian batang erat kaitannya dengan lebih tingginya biomassa bagian batang jika dibandingkan

¹⁵⁰ Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu, *Pengukuran Karbon...*, h. 5.

¹⁵¹ Nurdin Amin, "Cadangan Karbon...", h. 75.

dengan bagian pohon lainnya. Faktor ini yang menyebabkan pada kelas diameter yang lebih besar kandungan karbonnya lebih besar.¹⁵²

Biomassa paling rendah terdapat pada *Avicennia alba* dengan jumlah 0,084 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,039 Kg/Ha. Rendahnya stok karbon tersebut dikarenakan berat jenisnya yang cukup rendah serta ukuran daun agak lebar dan tebal yang memungkinkan proses asimilasi CO₂ sedikit terhambat. Hal ini sesuai dengan penelitian Pemerintah Kota Surabaya yaitu berat jenis bisa menjadi salah satu penyebab rendahnya BAP (Biomassa Atas Permukaan) suatu tegakan, oleh karena itu berat jenis juga akan memiliki hubungan dengan biomassa basah dan biomassa kering.¹⁵³

Jumlah biomassa tumbuhan mangrove di stasiun 2 Gampong Pande yang tertera pada Tabel 4.4 yaitu sebesar 2,03 Kg/Ha, dengan jumlah stok karbon sebesar 0,93 Kg/Ha. Biomassa terbesar terdapat pada *Typha angustifolia* yaitu 0,26 Kg/Ha dengan stok karbon sebanyak 0,12 Kg/Ha. Tingginya stok karbon ini dipengaruhi oleh vegetasi jumlah tumbuhannya yang cukup banyak, sehingga serapan stok karbon juga banyak. Sedangkan biomassa terkecil terdapat pada *Rhizophora mucronata* yaitu hanya 0,045 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,02 Kg/Ha. Rendahnya stok karbon jenis ini dikarenakan terdapat beberapa faktor seperti jenis tanaman, kondisi tanah, dan kerapatannya, hal ini sesuai dengan pernyataan Nurdin Amin bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi

¹⁵² Andin Irsadi, Nana Kariada Tri Martuti, dan Satya Budi Nugraha, "Estimasi Stok Karbon...", h. 124.

¹⁵³ Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup, *Laporan Survey Mangrove...*, h. 73.

variasi besaran potensi CO₂ yaitu antara lain jenis tanaman, kondisi tanah, dan kerapatan tanaman (populasi).¹⁵⁴

Jumlah kandungan biomassa tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 3 Gampong Jawa yaitu sebesar 1,59 Kg/Ha, dengan stok karbon sebesar 0,73 Kg/Ha. Biomassa terbesar terdapat pada spesies *Bruguiera gymnorrhiza* yaitu 0,69 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,32 Kg/Ha. Tingginya stok karbon pada spesies ini dipengaruhi oleh diameter batang yang cukup besar serta daunnya yang banyak, sehingga mampu menyerap karbon lebih besar. Sedangkan biomassa terkecil setelah dilakukan perhitungan dengan akumulasi antara diameter batang dengan berat jenisnya yaitu pada spesies *Rhizophora stylosa* sebesar 0,08 Kg/Ha dengan jumlah stok karbon sebanyak 0,03 Kg/Ha. Rendahnya stok karbon pada spesies ini karena berat jenis *Rhizophora stylosa* lebih kecil dibandingkan dengan *Bruguiera gymnorrhiza*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pemerintah Kota Surabaya bahwa berat jenis bisa menjadi salah satu penyebab rendahnya stok karbon dan biomassa suatu tegakan.¹⁵⁵

Selanjutnya pada Tabel 4.6 jumlah kandungan biomassa tumbuhan mangrove yang terdapat di stasiun 4 Gampong Peulanggahan yaitu sebesar 1,23 Kg/Ha, dengan jumlah stok karbon sebanyak 0,560 Kg/Ha. Biomassa terbesar terdapat pada *Rhizophora stylosa* yaitu 0,570 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,260 Kg/Ha. Tingginya stok karbon *Rhizophora stylosa* dipengaruhi oleh diameter batang dan tingginya pohon mencapai 10,5 meter, dimana spesies ini

¹⁵⁴ Nurdin Amin, "Cadangan Karbon...", h. 77-78.

¹⁵⁵ Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup, *Laporan Survey Mangrove...*, h. 73.

memiliki tinggi pohon yang lebih besar dibandingkan spesies lainnya yang terdapat di stasiun 4 Gampong Peulanggahan. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada ukuran diameter dan tinggi pohon yang semakin besar maka akan menyimpan kandungan biomassa serta stok karbon yang semakin besar pula.

Hal tersebut sesuai dengan yang dikatakan Yuliana *et.al* bahwa proporsi kandungan biomassa pada bagian batang merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan bagian pohon lainnya. Kandungan biomassa pada batang berkaitan erat dengan hasil produksi pohon yang didapat melalui proses fotosintesis yang umumnya disimpan pada bagian batang. Hasil produksi pohon dari proses fotosintesis tersebut berupa kandungan selulosa dan zat-zat kimia penyusun kayu yang lainnya. Zat penyusun kayu tersebut menyebabkan bagian rongga sel pada batang banyak tersusun oleh komponen penyusun kayu dibanding air, sehingga bobot biomassa batang akan menjadi lebih besar. Laju pertumbuhan pohon yang tinggi akan memacu terhadap produksi pohon menjadi semakin tinggi pula. Tingginya suatu pertumbuhan pohon ditandai dengan ukuran diameter dan tinggi pohon yang semakin besar. Ukuran diameter dan tinggi pohon yang semakin besar maka akan menyimpan kandungan biomassa yang semakin besar.¹⁵⁶

Sedangkan biomassa terkecil terdapat pada *Avicennia alba* yaitu sebesar 0,10 Kg/Ha dengan stok karbon sebesar 0,04 Kg/Ha. Rendahnya stok karbon pada spesies ini diduga disebabkan karena habitus pohon pada jenis ini mempunyai rerata tinggi yang lebih kecil dibandingkan jenis lainnya setelah jenis *Nypa*

¹⁵⁶ Yuliana Lis Agustin, M. Muryono, dan Herry Purnobasuki, “Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Talang Iring, Pamekasan-Madura”, (Diakses pada tanggal 03 April 2021).

fruticans dan *Rhizophora mucronata*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pemerintah Kota Surabaya bahwa Tingginya BAP (Biomassa Atas Permukaan) pada suatu tegakan pohon diduga disebabkan karena habitus pohon pada jenis ini mempunyai rerata tinggi yang jauh lebih besar dibandingkan jenis lainnya.¹⁵⁷

Jumlah stok karbon yang berbeda pada tumbuhan mangrove di setiap stasiun dipengaruhi oleh pH dan kelembaban tanah, salinitas air, serta pH air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arfina bahwa jumlah simpanan karbon pada tumbuhan yang berbeda dipengaruhi oleh suhu, pH, tekstur tanah, dan faktor yang lainnya. Banyak faktor yang mempengaruhi simpanan karbon di dalam tanah, baik faktor lingkungan seperti pemanfaatan lahan dan faktor fisika-kimia tanah (tekstur, pori-pori, suhu, dan pH).¹⁵⁸

Perbedaan jumlah stok karbon pada tumbuhan mangrove dikarenakan oleh tingkat kerapatan mangrove yang lebih tinggi serta dekat dengan muara sehingga memiliki unsur hara yang tinggi pula. Jenis substrat tanah juga mempengaruhi besar kecilnya jumlah karbon yang terkandung di dalam tanah. Jenis substrat pasir cenderung lebih kecil dibandingkan dengan substrat lumpur.¹⁵⁹

¹⁵⁷ Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup, *Estimasi Stok Karbon...*, h. 73.

¹⁵⁸ Nelly Arfina, Muslich Hidayat, dan Khairun Nisa, "Simpanan Karbon pada Tanah di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar", *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, (2020), h. 74.

¹⁵⁹ Yossie Amanda, Aras Mulyadi, dan Yusni Ikhwan Siregar, "Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Muara Sungai batang Apar Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat", *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, Vol. 9, No. 1, (2021), h. 44.

3. Uji Kelayakan *Output* Hasil Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Uji kelayakan buku ajar ini dilakukan untuk mengetahui *output* yang dihasilkan layak atau tidak layak dijadikan sumber referensi tambahan mata kuliah Ekologi Tumbuhan. Uji kelayakan buku ajar tentang stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh terbagi menjadi 2 macam penilaian, yaitu uji kelayakan materi dan media. Uji kelayakan materi terdiri dari aspek kelayakan isi dan pengembangan, serta dinilai oleh 1 ahli materi dari dosen Program Studi Pendidikan Biologi. Lembar uji kelayakan produk hasil penelitian oleh ahli materi dapat dilihat pada Lampiran 7. Uji kelayakan media terdiri dari aspek kelayakan penyajian dan kelayakan kegrafikan, serta dinilai oleh 1 ahli media yang merupakan dosen Program Studi Pendidikan Biologi. Adapun lembar dari uji kelayakan produk hasil penelitian oleh ahli media dapat dilihat pada Lampiran 8.

Uji kelayakan materi pada aspek kelayakan isi berisi 7 komponen yaitu keluasan materi; kelengkapan materi; kelengkapan materi sesuai dengan tujuan penyusunan silabus mata kuliah; kejelasan materi, keakuratan konsep atau teori, keakuratan gambar dan ilustrasi; kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini. Aspek pengembangan berisi 6 komponen yaitu konsistensi sistematika penyajian; kelogisan penyajian dan keruntutan konsep; koherensi substansi; keseimbangan substansi; kesesuaian dan ketetapan ilustrasi dengan materi; dan adanya rujukan atau sumber acuan. Hasil kelayakan buku ajar oleh ahli materi sebesar 84,61% termasuk kategori sangat layak secara materi.

Uji kelayakan media yaitu pada aspek kelayakan penyajian yang terdiri dari 4 komponen yaitu konsistensi sistematika sajian; kelogisan penyajian dan keruntutan konsep; kesesuaian dan ketepatan gambar dengan materi; ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar. Aspek kelayakan kegrafikan terdiri dari 8 komponen yaitu kesesuaian ukuran buku dengan standar ISO; tata letak *cover*; komposisi dan ukuran unsur tata letak; huruf; pencerminan isi buku; keharmonisan tata letak; kelengkapan tata letak; dan tipografi isi. Hasil kelayakan buku ajar oleh ahli media sebesar 80% termasuk kategori layak secara media.

Sehingga hasil uji kelayakan buku ajar stok karbon pada tumbuhan mangrove oleh validator diperoleh skor total penilaian materi sebesar 84,61% dan penilaian media sebesar 80%, sehingga diperoleh skor total rata-rata sebesar 82,3% yang menunjukkan bahwa buku ajar stok karbon pada tumbuhan mangrove sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan. Selain menguji kelayakan isi buku, pengembangan, penyajian, dan kegrafikan, validator juga memberikan komentar atau saran terhadap buku ajar stok karbon tumbuhan mangrove. Komentar atau saran yang diberikan validator dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan perbaikan terhadap buku ajar yang dihasilkan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil penelitian Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Komposisi jenis tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh terdiri dari 16 jenis yang berasal dari 11 famili, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Nypa fruticans*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia ovata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Pluchea indica* L., *Calotropis gigantea*, *Typha angustifolia*, *Aegiceras floridum*, *Derris trifoliata*, *Fimbristylis ferruginea*, dan *Acrostichum aureum* L.
2. Estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove yang terdapat di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebesar 1,499 Kg/Ha dengan biomassa sebesar 3,260 Kg/Ha.
3. Hasil uji kelayakan buku ajar yang didapatkan dari dosen ahli materi diperoleh skor total 84,61% (sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar) dan dosen ahli media diperoleh total skor 80% (layak). Sehingga diperoleh rata-rata total skor validasi ahli materi dan ahli media sebesar 82,3% yang dikategorikan sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber belajar tambahan pada mata kuliah Ekologi Tumbuhan.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh, adapun saran terkait dengan hasil penelitian tentang estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai referensi tambahan mata kuliah Ekologi Tumbuhan, yaitu sebagai berikut:

1. Peneliti mengharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan dan bermanfaat dalam meningkatkan pengetahuan mahasiswa baik dalam hal teori maupun praktikum pada mata kuliah Ekologi Tumbuhan.
2. Peneliti mengharapkan agar penelitian ini dapat dilanjutkan baik dalam hal tentang estimasi stok karbon dan biomassa bagian bawah (*belowground biomass*) tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh maupun pengembangan buku ajar dari hasil penelitian estimasi stok karbon pada tumbuhan mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh.
3. Peneliti juga mengharapkan sebaiknya dalam pengambilan sampel organ tumbuhan mangrove di lapangan diperhatikan waktu pasang surut air laut, supaya tidak terkendala dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Farishy, dkk. (2019). *Asteraceae Universitas Indonesia*. Jakarta: UI Publishing.
- Alwi, Hasan, dkk. (2005). *Kamus Besar Bahasa Indonesia: Departemen Pendidikan Edisi Ketiga*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Amanda, Yossie, Aras Mulyadi, dan Yusni Ikhwan Siregar. (2021). “Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Muara Sungai batang Apar Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat”, *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(1): 38-48. DOI: 10.31258/jipas.9.1.p.38-48
- Amin, Nurdin. (2016). “Cadangan Karbon pada Tumbuhan Hutan Kota Banda Aceh”. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*.
- Anggito, Albi dan Johan Setiawan. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Sukabumi: CV Jejak.
- Nelly Arfina, Muslich Hidayat, dan Khairun Nisa. (2020). “Simpanan Karbon pada Tanah di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar”. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*.
- Arifin, Samsul, dkk. (2019). “Uji Kelayakan Buku Ajar Berbasis Ayat Al-Qur’an pada Materi Tata Surya”. *Jurnal Natural Science Education Research*, 2(2): 133-139. DOI: 10.21107/nser.v2i2.6240
- Baruna, Tomi, Dwi Astiani, dan Herlina Darwati. (2017). “Pendugaan Stok Karbon di Kawasan Hutan Pendopo Gubernur Kota Pontianak”. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2): 547-555. DOI: 10.26418/jhl.v5i2.20527
- BPS (Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh) Kecamatan Syiah Kuala. (2021).
- Ernawati, Iis dan Totok Sukardiyono. (2017). “Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran Administrasi Server”. *Jurnal Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2): 204-210. DOI: 10.21831/elinvo.v2i2.17315
- Firyal, Cut Fira. (2021). “Keanekaragaman Jamur Makroskopis di Kawasan Objek Wisata Pucok Krueng Raba Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi”. Skripsi.

- Hairiah, Kurniatun dan Subekti Rahayu. (2007). *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia Regional Office.
- Hambran, Riza Linda, dan Irwan Lovadi. (2014) “Analisa Vegetasi Mangrove di Desa Sebusub Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas”. *Jurnal Protobiont*, 3(2): 201-208. DOI: 10.26418/protobiont.v3i2.6815
- Hartono, Jogyanto. (2021). *Penulisan Buku Ajar yang Baik dan Produktif*. Yogyakarta: ANDI.
- Hidayah dan Wahyu. 2010 dalam Muhammad Arif Nikho. (2020). “Perbandingan Efektivitas Tanaman Cattail (*Thypha angustifolia*) dan Tanaman Iris (*Iris pseudacorus*) pada *Constructed Wetland* Terhadap Limbah Cair Industri Tahu”. Skripsi.
- Hidayah, Ismatul, Hardiansyah, dan Noorhidayati. (2022). “Keanekaragaman Herba di Kawasan Mangrove Muara Aluh-Aluh”. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 7(1): 58-64. DOI: 10.36722/sst.v7il.1090
- <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Ftegardanserentak.blogspot.com%2F2011%2F06%2Frhizophora> (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).
- <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fkemangteerjakarta.wordpress.com%2Fjenis-mangrove%2Fnypa-fruticans> (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).
- <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.amazon.in%2FM-Technologies-Laurel-microcarpa-Medicinal-Healthy> (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).
- https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.newindianexpress.com%2Ftopic%2FAvicennia_marina (Diakses pada Tanggal 22 Desember 2021).
- Idrus, Agil Al, dkk. (2014). “Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat”. *Jurnal Biologi Tropis*, 14(2): 120-128.
- Irsadi, Andin, Nana Kariada Tri Martuti, dan Satya Budi Nugraha. (2017). “Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang”. *Jurnal Saintekno*, 15(2): 119-127. DOI: 10.15294/saintekno.v15i2.12402
- Isnaeni, Rizka, Erwin Riyanto Ardli, dan Edy Yani. (2019). “Kajian Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon pada *Nypa fruticans* di Kawasan Segara

Anakan Bagian Barat, Cilacap”. *BioEksakta (Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2): 156-162.

Karimah, Ismiatul, Samsul Kamal, dan Nurdin Amin. (2021). *Vegetasi Mangrove di Pesisir Baitussalam*. Banda Aceh: CV. Rambayan.

Kusmana, Cecep, Onrizal, dan Sudarmadji. (2003). *Jenis-Jenis Pohon Mangrove di Teluk Bintuni Papua*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.

Maizaldi, dkk. (2019). “Estimasi Jumlah Stok Karbon yang Tersimpan di Lahan Basah Desa Sungai Tohor Kecamatan Tebing Tinggi Timur Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau”, *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*, 6(2): 60-66. DOI: 10.31258/dli.6.2.p.60-66

Mukharomah, Ervina. (2020). *Konsep Dasar Ekologi Tumbuhan*. Palembang: Bening Media Publishing.

Noor, Yus Rusila, M. Khazali, dan I.N. N. Suryadiputra. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: PHKA/WI-IP.

Oktaviona, Silvi, Bintal Amin, dan Musrifin Ghalib. “Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Jorong Ujuang Labuang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat”. <https://media.neliti.com> (Diakses pada 27 Desember 2021).

Pemerintah Kota Surabaya dan Dinas Lingkungan Hidup. (2018). *Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kota Surabaya*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup.

Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup. (2017). *Laporan Survey Mangrove: Analisa Vegetasi*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup.

Prasesa, Arlin Widya. (2020). “Keanekaragaman Jenis Bakau di Hutan Mangrove Desa Sungai Itik Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi”. Skripsi.

Prastomo, Ragil Hendro, Herawatiningsih, Ratna, dan Latifah, Siti. (2017). “Keanekaragaman Vegetasi di Kawasan Hutan Mangrove Desa Nusapati Kabupaten Mempawah”. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2): 556-562. DOI: 10.26418/jhl.v5i2.20543

Rahim, Sukirman dan K. Baderan, Dewi Wahyuni. (2017). *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Deepublish.

Rosyid, Novi Utami. (2020). *Fitoremediasi Mangrove*. Jakarta: Guepedia.

S. Leksono, Amin. (2011). *Keanekaragaman Hayati*. Malang: UB Press.

- Saleh, Nur Amin. (2018). *Pedoman Penulisan Buku Ajar*. Yogyakarta: Nas Media Indonesia.
- Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sudijono, Anas. (2005). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: Grafindo Persada.
- Suwarni, Erna. (2015). "Pengembangan Buku Ajar Berbasis Lokal Materi Keanekaragaman Laba-Laba di Kota Metro sebagai Sumber Belajar Alternatif Biologi untuk Siswa SMA Kelas X". *Jurnal BIOEDUKASI*, 6(2): 86-92. DOI: 10.24127/bioedukasi.v6i2.336
- Yunasfi, dkk. (2013). *Jenis-Jenis Flora di Ekosistem Mangrove*. Medan: Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Zalmita, Novia Yuri Alvira, dan M. Hafizul Furqan. (2020). "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Tahun 2004-2019". *Jurnal Geografi*, 9(1): 1-9. DOI: 10.24036/geografi/vol9-iss1/920



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY
Nomor: B-1741/Un.08/FTK/KP.07.6/02/2022

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS TARBIYAH 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;
 - b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai Pembimbing Skripsi.
- Mengingat :**
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 Perguruan Tinggi;
 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 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
 8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta 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 :** Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 19 Januari 2022

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :**
- PERTAMA :** Menunjuk Saudara:
- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Samsul Kamal, S. Pd., M. Pd. | Sebagai Pembimbing Pertama |
| Nurdin Amin, S. Pd., I., M. Pd. | Sebagai Pembimbing Kedua |
- Untuk membimbing Skripsi :
- Nama : Duwi Khartika
 NIM : 180207001
 Program Studi : Pendidikan Biologi
 Judul Skripsi : Estimasi Stok Karbon Pada Tumbuhan Mangrove Di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh Sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan
- KEDUA :** Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2022;
- KETIGA :** Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022;
- 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.

Ditetapkan di : Banda Aceh
 Pada tanggal : 3 Februari 2022
 An. Rektor
 Dekan

 Muslim Razali

Tembusan

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



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-2093/Un.08/FTK.1/TL.00/02/2022
Lamp : -
Hal : *Penelitian Ilmiah Mahasiswa*

Kepada Yth,

1. Keuchik Gampong Jawa
2. Keuchik Gampong Pande
3. Keuchik Gampong Peulanggahan

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

Nama/NIM : **DUWI KHARTIKA / 180207001**
Semester/Jurusan : VIII / Pendidikan Biologi
Alamat sekarang : Jl. Tgk. Dibrang 2, Tanjung Selamat, Kec. Darussalam Banda Aceh

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul *Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan*

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

Banda Aceh, 10 Maret 2022
an. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



Berlaku sampai : 31 Maret 2022 Dr. M. Chalis, M.Ag.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



**PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH
KECAMATAN KUTARAJA
GAMPONG JAWA**

Jalan Hamzah Yunus No. 90 Dusun Nyak Raden Gampong Jawa Banda Aceh Kode POS : 23128

Nomor : 070 / 019 / 2022
Hal : Selesai Penelitian

Banda Aceh, 28 Maret 2022

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
di-
Banda Aceh

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan Surat Bapak/Ibu No. B-2093/Un.08/FTK.1/TL.00/02/2022 tanggal 10 Maret 2022 perihal Izin Penelitian yang dilakukan di Gampong Jawa Banda Aceh oleh Mahasiswi :

Nama : DUWI HARTIKA
NIM : 180207001
Judul : Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Kami jelaskan bahwa Mahasiswi yang namanya tersebut diatas telah melaksanakan penelitian **Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan** pada Tanggal 12-13 Maret 2022 bertempat di wilayah Gampong Jawa Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh

Demikian Surat keterangan ini kami terbitkan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

AR-RAN





**PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH
KECAMATAN KUTARAJA
GAMPONG PANDE**

Jln. Tgk. Dikandang No.52 Gampong Pande Banda Aceh Kode Pos 23242

Banda Aceh, 28 Maret 2022

Nomor : 400/ 25 /2022
Lampiran : -
Perihal : Selesai Penelitian

Sehubungan adanya surat dari Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Nomor B-2093/Un.08/FTK.1/TL.00/02/2022 Tanggal 10 Maret 2022 perihal Izin Penelitian yang dilakukan di Gampong Pande Kota Banda Aceh oleh mahasiswa :

Nama : DUWI KHARTIKA
NIM : 180207001
Judul : Estimasi Stok Karbon Pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Kami jelaskan bahwa Mahasiswi yang namanya tersebut diatas telah melaksanakan penelitian **Estimasi Stok Karbon Pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan** pada tanggal 12-13 Maret 2022 bertempat diwilayah Gampong Pande Kecamatan Kutaraja Kota Banda Aceh.

Demikianlah surat ini yang dapat kami sampaikan atas kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y



DEO FISCIA ERJANSYAH



PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH
KECAMATAN KUTA RAJA
GAMPONG PEULANGGAHAN

Jalan Tgk Dianjong No. Kode Pos:

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 470/29/PLG/2022

Keuchik Gampong Peulanggahan Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Duwi Khartika
NIM : 180207001
Prodi/Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : VIII
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Alamat : Jl. Tgk. Dibrang 2, Tanjung Selamat, Darussalam Kota Banda Aceh

Benar yang bersangkutan telah melakukan penelitian dan pengumpulan data di Gampong Peulanggahan Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh pada bulan Maret 2022. Dengan judul skripsi "Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan".

Demikian surat keterangan penelitian ini dikeluarkan, untuk dapat digunakan seperlunya.

AR - RANIRY

Banda Aceh, 28 Maret 2022
Keuchik Gampong Peulanggahan
FERDIANSYAH



**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



28 Juni 2022

Nomor : B-23/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/06/2022
Sifat : Biasa
Lamp : -
Hal : Surat Keterangan Bebas Laboratorium

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

Nama : **Duwi Khartika**
NIM : 180207001
Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN
Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat : Jl. Tgk. Dibrang 2, Tanjung Selamat, Darussalam, Banda Aceh

Benar yang nama yang tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul "*Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh Sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan*" dalam rangka menyelesaikan tugas akhir skripsi pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan dengan laboratorium Pendidikan Biologi.

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

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


Nurlia Zahara

Lampiran 5: Tabel Faktor Fisika-Kimia Lingkungan pada Setiap Stasiun**Tabel Faktor Fisika-Kimia Lingkungan**

No	Parameter	Stasiun 1 Gampong Pande	Stasiun 2 Gampong Pande	Stasiun 3 Gampong Jawa	Stasiun 4 Gampong Peulanggahan	Rata-rata
1	PH Tanah	6,5	6,5	5,3	5,4	5,92
2	Kelembaban Tanah (%)	60	50	59	52	55,25
3	PH Air	7,3	7,2	7,2	7,1	7,2
4	Salinitas Air (ppm)	2	1,5	20	1,5	6,25



Lampiran 6: Tabel Perhitungan Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

Tabel Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 1 Gampong Pande

No	Jenis		K (cm)	D (cm)	T (cm)	BB (gr)	BK (gr)	BJ (g/cm ³)	Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah								
1	Bakau Merah	<i>Rhizophora apiculata</i>	50	15,923	900	100	34,89	0,000611	0,11641	0,05354
2	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	27,5	8,757	850	100	34,33	0,0021	0,69661	0,32044
3	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	13	4,140	300	100	45,39	0,03531	0,19824	0,09119
4	Bogem	<i>Sonneratia ovata</i>	8	2,547	270	100	35,49	0,08104	0,13705	0,06304
5	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	19	6,050	380	100	43,68	0,01256	0,08499	0,03909
6	Api-api Putih	<i>Avicennia marina</i>	12	3,821	400	100	31,41	0,02151	0,12918	0,05942
7	Beluntas	<i>Pluchea indica</i> L.	5	1,592	170	100	21,98	0,20405	0,10810	0,04972
8	Biduri	<i>Calotropis gigantea</i>	7	2,229	200	100	32,89	0,13239	0,16106	0,07408
Jumlah Kg/100 m ²									1,63164	0,75052

Tabel Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 2 Gampong Pande

No	Jenis		K (cm)	D (cm)	T (cm)	BB (gr)	BK (gr)	BJ (g/cm ³)	Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah								
1	Bakau Merah	<i>Rhizophora apiculata</i>	36	11,464	750	100	34,69	0,00140	0,12044	0,05540
2	Ekor Kucing	<i>Typha angustifolia</i>	1,6	0,509	58	100	31,94	8,50221	0,26942	0,12393
3	Tuba Laut	<i>Derris trifoliata</i>	11	3,503	650	100	36,84	0,01847	0,06863	0,03156
4	Bogem	<i>Sonneratia ovata</i>	8	2,547	270	100	35,54	0,08116	0,13725	0,06313
5	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	5	1,592	150	100	32,71	0,34416	0,18233	0,08387
6	Paku Laut	<i>Acrostichum aureum</i> L.	0,5	0,159	70	100	33,22	75,09041	0,13438	0,06181
7	Teruntung	<i>Aegiceras floridum</i>	5	1,592	300	100	27,17	0,14293	0,07572	0,03483
8	Beluntas	<i>Pluchea indica</i> L.	2	0,636	120	100	25,87	2,13187	0,11711	0,05387
9	Berkarat Alang	<i>Fimbristylis ferruginea</i>	0,2	0,0636	35	100	36,92	1,043,23 25	0,19419	0,08932
10	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	29	9,235	800	100	31,19	0,00182	0,04569	0,02101
11	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	25	7,961	800	100	34,30	0,00270	0,69345	0,31898
Jumlah Kg/100 m ²									2,03861	0,93771

A R - R A N I R Y

Tabel Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 3 Gampong Jawa

No	Jenis		K (cm)	D (cm)	T (cm)	BB (gr)	BK (gr)	BJ (g/cm ³)	Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah								
1	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	41	13,0573	250	100	35,00	0,00328	0,18350	0,08441
2	Tanjang Merah	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	22	7,00636	700	100	33,98	0,00395	0,69661	0,32044
3	Pedada	<i>Sonneratia alba</i>	55	17,5159	890	100	31,52	0,00046	0,19824	0,09119
4	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	4,3	1,36942	200	100	44,33	0,47306	0,13705	0,06304
5	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	34	10,8280	1400	100	44,23	0,00107	0,08499	0,03909
6	Bakau Kacang	<i>Rhizophora apiculata</i>	52	16,5605	1050	100	36,10	0,000501	0,12918	0,05942
7	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	26	8,28025	180	100	35,00	0,01134	0,16664	0,07665
Jumlah Kg/100 m ²									1,59621	0,73424

Tabel Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Stasiun 4 Gampong Peulanggahan

No	Jenis		K (cm)	D (cm)	T (cm)	BB (gr)	BK (gr)	BJ (g/cm ³)	Biomassa (Kg/Ha)	Stok Karbon (Kg/Ha)
	Nama Daerah	Nama Ilmiah								
1	Bakau Kacang	<i>Rhizophora apiculata</i>	53	16,878	1000	100	35,9	0,000504	0,11056	0,508576
2	Bakau Putih	<i>Rhizophora stylosa</i>	28	8,917	1050	100	34,33	0,001644	0,57251	0,26335
3	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	5	1,592	150	100	43,44	0,45705	0,24214	0,11138
4	Bakau Hitam	<i>Rhizophora mucronata</i>	43	13,694	200	100	30,19	0,00321	0,20050	0,09223
5	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	34	10,828	400	100	43,69	0,003726	0,10624	0,04887
Jumlah Kg/100 m ²									1,23195	1,024406

Keterangan:

- K = Lingkar/lilit batang (cm)
D = DBH = K/π , dimana $\pi = 3,14$ cm
BK = Berat Kering
BB = Berat Basah
T = Tinggi Pohon
BJ = Berat Jenis

Lampiran 7: Uji Kelayakan Produk Hasil Penelitian Ahli Materi**Lembar Kuisisioner Penilaian Produk Hasil Penelitian Buku Ajar**

Judul Penelitian : “Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”

Ahli Materi : Muslich Hidayat, M. Si.

I. Identitas Penulis

Nama : Duwi Khartika
NIM : 180207001
Program Studi : Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

II. Pengantar

Assalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (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. Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai Buku Ajar tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuisisioner 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 kuisisioner yang diajukan.

Hormat saya,

Penulis



Duwi Khartika

III. Deskripsi Skor

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

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

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

1. Aspek Kelayakan Isi Buku Ajar

Indikator Penilaian	Skor					Komentar/Saran
	1	2	3	4	5	
Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan buku ajar				✓		
Kelengkapan materi				✓		
Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan silabus mata kuliah				✓		
Kejelasan materi				✓		
Keakuratan konsep atau teori				✓		
Keakuratan gambar atau ilustrasi				✓		
Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini				✓		
Total skor komponen kelayakan isi						

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

2. Aspek Pengembangan

Indikator Penilaian	Skor					Komentar/Saran
	1	2	3	4	5	
Konsistensi sistematika penyajian				✓		
Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				✓		
Koherensi substansi				✓		
Keseimbangan substansi				✓		
Kesesuaian dan ketetapan ilustrasi dengan materi				✓		
Adanya rujukan atau sumber acuan					✓	
Total skor komponen pengembangan						

Sumber: Dimodifikasi dari Nugroho Aji Prasetyo, Pertiwi Perwiraningtyas (22: 2017), dan skripsi Cut Fira Firyal (133-135: 2021)

Aspek Penilaian:

- 81% - 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar
- 61% - 80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan ringan
- 41% - 60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat
- 21% - 40% = Tidak layak untuk direkomendasikan
- < 21% = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, 25 Mei 2022

Validator

Muslich Hidayat, M.Si

جامعة الرانيري

AR-RANIRY

Lampiran 8: Uji Kelayakan Produk Hasil Penelitian Ahli Media**Lembar Kuisioner Penilaian Produk Hasil Penelitian Buku Ajar**

Judul Penelitian : “Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di
Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi
Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”

Ahli Media : Nurlia Zahara, S.Pd.I., M.Pd.

III. Identitas Penulis

Nama : Duwi Khartika
NIM : 180207001
Program Studi : Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

IV. Pengantar

Assalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (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. Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai Buku Ajar 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.

Hormat saya,

Penulis



Duwi Khartika

III. Deskripsi Skor

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

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

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

1. Aspek Kelayakan Penyajian

Indikator Penilaian	Skor					Komentar/Saran
	1	2	3	4	5	
Konsistensi sistematika sajian				✓		
Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				✓		
Kesesuaian dan ketepatan gambar dengan materi				✓		
Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar				✓		
Rata-rata skor komponen kelayakan penyajian						

Sumber: Dimodifikasi dari skripsi Cut Fira Firyal (142: 2021)

2. Aspek Kelayakan Kegrafikan

Indikator Penilaian	Skor					Komentar/Saran
	1	2	3	4	5	
1. Ukuran Buku: Kesesuaian ukuran buku dengan Standar ISO				✓		
2. Desain Cover: a) Tata letak				✓		

b) Komposisi dan ukuran unsur tata letak			✓		
c) Huruf			✓		
3. Desain Isi Buku					
a) Pencerminan isi buku				✓	
b) Keharmonisan tata letak			✓		
c) Kelengkapan tata letak			✓		
d) Tipografi isi			✓		
Total skor komponen kelayakan kegrafikan					

Sumber: Dimodifikasi dari Nugroho Aji Prasetyo dan Pertiwi Perwiraningtyas (22: 2017)

Aspek Penilaian:

- 81% - 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku yang dapat digunakan sebagai sumber belajar
- 61% - 80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan ringan
- 41% - 60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat
- 21% - 40% = Tidak layak untuk direkomendasikan
- < 21% = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, 2022
Validator

Nurka Zahara
(...Nurka Zahara...)

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran 9: Foto Kegiatan Penelitian Estimasi Stok Karbon Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh

Gambar 1

Menentukan titik koordinat



Gambar 2

Penarikan *line transek* pada stasiun penelitian



Gambar 3

Pengukuran faktor fisika-kimia di lokasi penelitian





Gambar 4

Pengukuran DBH atau diameter batang setinggi dada



Gambar 5

Pengambilan sampel daun dan ranting pada tumbuhan mangrove



Gambar 6

Penimbangan berat basah sampel daun dan ranting pada tumbuhan mangrove sebanyak 100 gram



Gambar 7

Pengeringan sampel daun dan ranting pada tumbuhan mangrove menggunakan oven selama 2x24 jam dengan suhu 80⁰C



Gambar 8

Penimbangan berat kering sampel daun dan ranting pada tumbuhan mangrove





Gambar 9

Validasi buku ajar dengan ahli materi



Gambar 10

Validasi buku ajar dengan ahli media



RIWAYAT HIDUP PENULIS

Identitas Mahasiswa

1. Nama Lengkap : Duwi Khartika
2. NIM : 180207001
3. Tempat/Tanggal Lahir : Banda Aceh, 13 Maret 2000
4. Jenis Kelamin : Perempuan
5. Anak ke : 2
6. Golongan Darah : O
7. Alamat Sekarang : Jl. Tgk. Dibrang 2, Tanjung Selamat, Darussalam, Banda Aceh
8. No Telepon/Hp : 085386329850
9. Email : duwikhartika@gmail.com
10. Daerah Asal : Kisaran, Kab. Asahan, Sumatera Utara
11. Riwayat Pendidikan :

Jenjang	Nama/Asal Sekolah	Tahun Masuk	Tahun Lulus	Jurusan
SD/MI	SDN 018439 Sentang	2007	2012	-
SMP/MTs	SMPN 6 Kisaran	2012	2015	-
SMA/MA	SMAN 2 Kisaran	2015	2018	IPA

12. Penasehat Akademik : Samsul kamal, S.Pd., M.Pd.
13. Tahun Selesai : 2022
14. Judul Skripsi : Estimasi Stok Karbon pada Tumbuhan Mangrove di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh sebagai Referensi Tambahan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan
15. Sumber Dana Kuliah : Orang Tua
16. Aktivitas Saat Kuliah : Mengikuti UKM QAF (Qur'an Aplikasi Forum) UIN Ar-Raniry
17. Hobby : Membaca dan menonton
18. Motto : 1. Berprasangka baiklah kepada Allah, karena rencana Allah lebih baik dari yang kita kira
2. Tetap berusaha, berdo'a, dan bersyukur
19. Bahasa yang dikuasai : Indonesia