

**ESTIMASI BIOMASSA KARBON PADA TUMBUHAN BAKAU
MERAH (*Rhizophora apiculata* Bl.) MENGGUNAKAN MODEL
PERSAMAAN ALLOMETRIK DI KAWASAN GAMPONG
ALUE NAGA KOTA BANDA ACEH SEBAGAI
PENUNJANG PRAKTIKUM
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan oleh:

DEVI ANDRIA SARAH

NIM. 140207044

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2019 M / 1440 H**

**ESTIMASI BIOMASSA KARBON PADA TUMBUHAN BAKAU MERAH
(*Rhizophora apiculata* Bl.) MENGGUNAKAN MODEL PERSAMAAN
ALLOMETRIK DI KAWASAN GAMPONG ALUE NAGA
KOTA BANDA ACEH SEBAGAI PENUNJANG
PRAKTIKUM 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 dalam Ilmu
Pendidikan Biologi

Oleh:

DEVI ANDRIA SARAH
NIM. 140207044
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Muslich Hidayat, M.Si
NIP. 197903022008011008

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

SURAT PERSETUJUAN SIDANG MUNAQASYAH

Dosen pembimbing skripsi mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Devi Andria Sarah
NIM : 140207044
IPK : 3.24
SKS yang telah ditempuh : 144
Alamat : Jl. Blang Bintang Lama, Lr. Sejahtera, Desa
Tungkob
No. Tlp/Hp : 082214900945
Email : deviantriasarah996@gmail.com
Judul Skripsi : Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau
Merah (*Rhizophora apiculata* BL.) Menggunakan
Model Persamaan Allometrik Di Kawasan
Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai
Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan

Menerangkan bahwa mahasiswa yang namanya tersebut di atas sudah layak untuk mendaftar Sidang Munaqasyah. Demikian persetujuan ini kami sampaikan untuk dapat digunakan seperlunya.

Banda Aceh 13 Desember 2018

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Muslich Hidayat, M.Si

NIP.197903022008011008


Eriawati.S.Pd.I, M.Pd

NIP.198111262009102003

**ESTIMASI BIOMASSA KARBON PADA TUMBUHAN BAKAU MERAH
(*Rhizophora apiculata* Bl.) MENGGUNAKAN MODEL PERSAMAAN
ALLOMETRIK DI KAWASAN GAMPONG ALUE NAGA
KOTA BANDA ACEH SEBAGAI PENUNJANG
PRAKTIKUM EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Pendidikan Biologi

Pada Hari/Tanggal:

Jum'at, 11 Januari 2019 M
4 Jumadil Awal 1440 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Muslich Hidayat, M.Si
NIP. 19790302 200801 1 008

Sekretaris,

Safryadi A., M.Pd.

Penguji I,

Nurdin Amin, M.Pd
NIDN. 2019118601

Penguji II,

Eriawati, M.Pd
NIP. 19811126 200910 2 003

جامعة الرانيري

AR-RANIRY

Mengetahui,

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



Dr. Muslim Razali, S.H; M.Ag
NIP. 19590309 198903 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Andria Sarah

NIM : 140207044

Prodi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik Di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

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

Banda Aceh, 05 Desember 2018

Yang Menyatakan



Devi Andria Sarah

ABSTRAK

Materi estimasi biomassa stok karbon tumbuhan bakau pada praktikum Ekologi Tumbuhan Jurusan Pendidikan Biologi belum pernah diberikan. Materi tersebut sangat penting dipelajari sebagai objek kajian karena tumbuhan bakau merupakan salah satu penyedia stok karbon terbesar bagi lingkungan dan berpengaruh pada organisme lainnya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jumlah biomassa pohon Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.), untuk mengetahui jumlah karbon dari biomassa bakau di Gampong Alue Naga, dan untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap hasil penelitian. Rancangan penelitian menggunakan data kuantitatif. Subjek dalam penelitian adalah keseluruhan bakau merah yang terdapat di kawasan Gampong Alue, sedangkan objek penelitian adalah bakau merah yang terdapat pada setiap stasiun pengamatan. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik kolaborasi metode transek dan kuadrat. Berdasarkan hasil penelitian di seluruh lokasi jumlah biomassa pohon bakau merah menggunakan model persamaan allometrik sebanyak 1,52 ton/ha, sedangkan jumlah total biomassa di Gampong Alue Naga sebanyak 187,56 ton/ha. Jumlah karbon pohon bakau merah sebanyak 0,75 ton/ha sedangkan jumlah total karbon tumbuhan bakau merah sebanyak 92,31 ton/ha. Respon mahasiswa terhadap hasil penelitian estimasi biomassa karbon pada tumbuhan bakau merah sebagai penunjang praktikum ekologi tumbuhan diperoleh rata-rata persentase untuk sangat setuju dan setuju sebanyak 97%, sedangkan tidak setuju dan sangat tidak setuju sebanyak 3%. Maka dapat disimpulkan bahwa estimasi biomassa karbon pada tumbuhan bakau merah menggunakan persamaan allometrik sebagai penunjang praktikum ekologi tumbuhan dalam bentuk modul praktikum dapat digunakan.

Kata Kunci : Estimasi, biomassa karbon (*Rhizophora apiculata* Bl.), model persamaan allometrik.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil ‘Alaamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Estimasi Biomassa Karbon Pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* BL.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik Di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan”**. sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari program Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Shalawat dan salam terlanturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, semoga Rahmat dan Hidayah Allah juga diberikan kepada keluarga dan sahabat sekalian.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai kesulitan, dan hambatan mulai dari pengumpulan literatur, pengerjaan di lapangan, pengambilan sampel sampai pada pengolahan data maupun proses penulisan skripsi. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Yang teristimewa untuk kedua orang tua tercinta Ayahanda Sya’ban dan Ibunda Rastini dengan segala pengorbanan yang tulus dan kasih sayang yang telah dicurahkan sepanjang hidup penulis. Terima kasih juga untuk yang tersayang adik kandung Syirfi, Putra dan abang kandung Zulfan. Terima kasih juga kepada yang terkasih Muhammad Nurdin atas doa dan semangat

yang diberikan menjadi kekuatan bagi penulis hingga dapat menyelesaikan tulisan ini.

2. Terima kasih kepada Bapak Muslich Hidayat, M.Si selaku Penasehat Akademik dan Pembimbing I yang tidak henti-hentinya telah memberikan nasihat, motivasi dan bimbingan mulai dari awal sampai dengan penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana. Kepada Ibu Eriawati, M.Pd selaku pembimbing II yang memberikan bimbingan dan saran, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Muslim Razali, SH, M. Ag, selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd selaku Ketua Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Terima kasih kepada sahabat PBL 2014 khususnya (Ufra, Suci, Intan, Maulidya, Zahra, Manna, Ulan dan Nina), serta sahabat di Dayah Mudi Lampuuk (Auliani, Nufus, Hayatul, Syifa, dan Dewi)). Terima kasih juga kepada Pengajar Tpa Al-Muhajirin Sektim, Darussalam.

Semoga segala kebaikan dibalas oleh Allah dengan kebaikan yang berlipat ganda. Penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan yang pernah penulis lakukan. Penulis juga mengharapkan saran dan komentar yang dapat dijadikan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini.

Banda Aceh, 05 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	9
E. Definisi Operasional	9
 BAB II : LANDASAN TEORETIS	
A. Ekologi Tumbuhan.....	14
B. Tumbuhan Jenis Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl).....	15
1. Habitat Tumbuhan Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl).....	16
2. Karakteristik Tumbuhan Bakau Jenis (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl)	17
3. Perkembangbiakan Pohon Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl).....	19
C. Biomassa	21
1. Sampling dengan Permanen	25
2. Sampling tanpa Permanen	25
3. Pendugaan melalui Penginderaan Jauh	25
4. Pembuatan Model	26
D. Karbon dan Siklus Karbon	26
E. Biomassa Karbon pada Bakau Merah	29
F. Model Persamaan Allometrik.....	31
G. Gampong Alue Naga	32
H. Hasil Output dalam Penelitian Sebagai Penunjang Praktikum Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan.....	33
 BAB III : METODE PENELITIAN	
A. Rancangan Penelitian.....	37
1. Tempat dan Waktu Penelitian	37

2. Alat Penelitian	38
3. Parameter Penelitian	38
4. Prosedur Penelitian	38
B. Subjek dan Objek Penelitian	39
C. Instrumen Pengumpulan Data	39
D. Teknik Pengumpulan Data	39
E. Teknik Analisis Data	40
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	43
1. Biomassa Karbon Pohon Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.) di Hutan Bakau Gampong Alue Naga	43
2. Karbon Biomassa Hutan Bakau Di Gampong Alue Naga	49
3. Analisis Respon Mahasiswa Terhadap Hasil Penelitian Estimasi Biomassa Karbon Tumbuhan Bakau Di Kawasan Gampong Alue Naga	57
B. Pembahasan	58
BAB V : PENUTUP	
A. Simpulan	63
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN-LAMPIRAN	70
RIWAYAT HIDUP PENULIS	88



DAFTAR GAMBAR

2.1	Tumbuhan Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.).....	20
3.1	Lokasi Penelitian	37



DAFTAR TABEL

3.1. Alat yang Digunakan pada Penelitian	38
3.2. Penyekoran pada Angket untuk Pernyataan.....	41
3.3. Tafsiran Skor (Persentase) Angket.....	42
4.1. Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.) di Seluruh Lokasi Penelitian Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh	43
4.2. Biomassa Tumbuhan Bakau Merah di Stasiun I (Dekat Sungai) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh.....	44
4.3. Biomassa Hutan Bakau Merah di Stasiun II (Dekat Pemukiman) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh.....	46
4.4. Biomassa Tumbuhan Bakau Merah di Stasiun III (Dekat Laut) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh.....	47
4.5. Karbon dari Biomassa Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i> Bl. Yang di Data pada Seluruh Lokasi Penelitian	49
4.6. Karbon dari Biomassa Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i> Bl. Yang di Data pada Stasiun I (Dekat Sungai)	50
4.7. Karbon dari Biomassa Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i> Bl. Yang di Data pada Stasiun II (Dekat Pemukiman).....	52
4.8. Karbon dari Biomassa Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i> Bl. Yang di Data pada Stasiun III (Dekat Laut)	54
4.9. Parameter Fisik-Kimia Hutan Bakau Merah (<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.) Di Seluruh Lokasi Penelitian Kawasan Gampong Alue Naga.....	56
4.10 Hasil Pengolahan Data Respon Angket pada Mahasiswa.....	57



DAFTAR LAMPIRAN

1	: Surat Keputusan (SK) Pembimbing Skripsi	70
2	: Surat Mohon Izin Penelitian Mengumpulkan Data	71
2	: Surat Telah Mengadakan Penelitian	72
3	: Surat Keterangan Bebas Laboratorium	73
4	: Surat Telah Mengembalikan Alat Laboratorium	74
5	: Tabel Hasil Pengamatan Bakau Merah	76
6	: Lembar Pernyataan (Angket) Mahasiswa	82
7	: Foto Kegiatan Penelitian	85
8	: Biodata Penulis	88



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ekologi tumbuhan merupakan salah satu mata kuliah di Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan beban kredit 3(1) SKS yang terdiri atas 2 SKS materi dan 1 SKS praktikum.¹ Tujuan utama mempelajari ekologi tumbuhan adalah memperoleh hasil yang optimal dari teknik budidaya yang dilakukan dan menjaga lingkungan agar terhindar dari kerusakan sebagai warisan untuk anak cucu kita. Lingkungan akan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan tumbuhan dan organisme lain yang hidup di muka bumi. Pengetahuan tentang lingkungan tumbuhan sangat dibutuhkan agar budidaya tumbuhan yang dilakukan dapat menghasilkan produksi yang optimum.²

Berdasarkan hasil wawancara dengan dosen dan asisten laboratorium Pendidikan Biologi mengenai materi praktikum pada matakuliah Ekologi Tumbuhan diperoleh informasi bahwa kegiatan praktikum Ekologi Tumbuhan selama ini sudah sangat baik, materi tentang produksi dan produktivitas didalam ekosistem pada serasah, herba, pohon dan tanah memiliki cukup referensi.³ Beberapa materi sudah pernah dipelajari pada estimasi biomassa stok karbon. Sudah dilakukan pada biomassa stok karbon pohon, tanah dan serasah. Namun

¹ *Buku Panduan Akademik*, (Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2014/2015), h. 107.

² Hardjosuwarn Sunarto, *Dasar-Dasar Ekologi Tumbuhan*. (Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM, 1990), h. 56.

³ Hasil Wawancara dengan Dosen dan Asisten Ekologi Tumbuhan di Laboratorium Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry, Darussalam Banda Aceh pada Tanggal 08 November 2017.

secara umum dilakukan pada vegetasi hutan, sedangkan materi estimasi biomassa stok karbon pada tumbuhan bakau belum pernah diberikan, biomassa stok karbon pada bakau dalam matakuliah Ekologi Tumbuhan sangat penting dipelajari sebagai objek kajian dalam materi estimasi biomassa stok karbon karena tumbuhan bakau merupakan salah satu penyedia stok karbon terbesar bagi lingkungannya dan berpengaruh pada organisme dan komunitas lainnya.

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa mahasiswa yang mengambil matakuliah Ekologi Tumbuhan diperoleh informasi bahwa selama ini praktikum Ekologi Tumbuhan berjalan dengan baik. Materi Estimasi Biomassa Karbon sudah dilakukan pada praktikum mengenai serasah, herba dan pohon. Akan tetapi belum pernah di praktikumkan dan pemberian modul pada tumbuhan bakau. Sehingga masih sangat minim referensi tentang biomassa stok karbon pada bakau yang membuat mahasiswa masih sangat kurang mendapatkan informasi yang cukup mengenai kemampuan tumbuhan hutan bakau dalam menghasilkan biomassa.⁴

Biomassa adalah berat individu suatu populasi dan sering dinyatakan per unit luas atau volume. Biomassa biasanya digunakan dalam menggambarkan struktur tropik dari suatu komunitas.⁵ Secara umum biomassa adalah total kandungan material organik suatu organisme hidup pada tempat dan waktu

⁴ Hasil Wawancara dengan Mahasiswa Pendidikan Biologi di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, Darussalam Banda Aceh pada Tanggal 06 November 2017.

⁵ Yuliadi, "Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat", *Jurnal Biodiversitas*, vol. 9, no. 4, 2008, h. 54.

tertentu.⁶ Biomasa tumbuhan merupakan material kering dari suatu organisme hidup (tumbuhan) pada waktu, tempat, dan luasan tertentu, sehingga satuan biomasa tumbuhan biasanya dinyatakan dalam kg/m² atau ton/ha.⁷ Biomasa pohon dalam penelitian ini dinyatakan dalam berat kering yang merupakan gabungan dari organ tanaman hidup yang berada di atas tanah yang komponen utamanya terdiri dari organ batang, cabang/ ranting dan daun.

Biasanya komponen yang diukur untuk pendugaan biomassa ini berada di atas tanah karena merupakan bagian yang terbesar dari berat jumlah total biomassa. Kandungan karbon utamanya di hutan terdiri dari biomassa bahan hidup, biomassa bahan mati, tanah dan produk kayu. Umumnya karbon menyusun 45-50% bahan kering dari tanaman.⁸ Kandungan karbon di dalam material organik kering (dry organic matter) atau biomasa untuk jenis tanaman dapat diukur secara langsung melalui pembakaran sample di dalam alat analisa karbon (carbon analyzer).⁹

Hampir 40% dari biomassa pohon adalah karbon, dimana pohon melalui proses fotosintesis menyerap karbondioksida dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa

⁶ Lodhiyal, *Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in central Himalaya*, (India: Ecol. Manage, 2003), h. 217-235.

⁷ Whittaker, *Methods of assessing terrestrial productivity*, (New York: Springer-Verlag, 1975), h. 154

⁸ Gunggung Senoaji, "Peranan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Bengkulu dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon", *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, vol. 23, no. 3, 2016, h. 37.

⁹ Ris Hadi Purwanto, "Potensi Biomasa dan Simpanan Karbon Jenis-Jenis Tanaman Berkayu di Hutan Rakyat Desa Nglanggeran, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta", *Jurnal Ilmu Kehutanan*, vol. 6, no.2, 2012, h. 132.

tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya. Maka salah satu cara untuk mengetahui simpanan karbon adalah dengan cara menghitung biomassa dari tumbuhan tersebut.¹⁰ Salah satu biomassa karbon yang penting yaitu hutan bakau. Sebagaimana firman Allah dalam Al-Quran pada surat As-Syu'ara ayat 7:



7. “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Allah SWT menjelaskan bahwa dia telah memberikan banyak manfaat di bumi kepada semua makhluk ciptaannya. Allah telah menumbuhkan di bumi dengan berbagai macam tumbuhan yang bermanfaat untuk kehidupan. Langit dengan segala bintang yang menghiasi, matahari yang memancarkan sinarnya di waktu siang, dan bulan yang menampilkan bentuknya yang berubah-ubah dari malam ke malam serta bumi tempat tinggal manusia, baik yang tampak dipermukaannya maupun yang tersimpan didalamnya, sangat besar artinya bagi kehidupan manusia. Kesemuanya itu diciptakan Allah atas kekuasaan dan kehendak-Nya sebagai rahmat yang tak ternilai harganya.¹¹

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan segala yang ada di langit dan di bumi semuanya memiliki manfaatnya dan perannya masing-masing, salah satunya adalah tumbuhan bakau yang memiliki peranan penting sebagai penyimpan karbon. Bakau memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Salah satu fungsi ekologis bakau yang berperan dalam upaya mitigasi pemanasan global adalah bakau sebagai penyimpan karbon. Bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) merupakan salah satu jenis tanaman

¹⁰ Brown, Guidelines For Inventory And Monitoring Carbon Offsets in Forest Based Project, (USA: Winrock International, 1996), h. 123.

¹¹ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al- Misbah*, vol. 12, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 35.

penyusun vegetasi mangrove yang juga berfungsi sebagai penyimpan karbon (C sink) melalui proses fotosintesis.¹²

Berdasarkan hasil penelitian kekhasan spesies mangrove *Rhizophora apiculata* Bl. di Gili Sulat tampak pada tinggi pohon. Populasi pohon *Rhizophora apiculata* Bl. yang terdapat di Gili Sulat ada yang mencapai tinggi sampai 17 m. Tinggi pohon jenis tersebut yang ditemukan di Pulau Lombok (termasuk Gili Sulat) adalah umumnya mencapai tinggi maksimum 16 m. *Rhizophora apiculata* Bl. merupakan spesies mangrove yang memiliki sebaran cukup luas di Gili Sulat. Spesies mangrove ini ditemukan membentuk populasi murni dan populasi campuran pada beberapa lokasi di Gili Sulat. Keanekaragaman populasi *Rhizophora apiculata* Bl. di Gili Sulat termasuk rendah. Variasi morfologi yang tidak berbedanya antara sampel dalam populasi spesies tersebut diduga karena banyak terjadi penyerbukan sendiri.¹³

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) diperoleh nilai frekuensi relatif jenis sebesar 22,47 yang menunjukkan bahwa di lokasi penelitian jenis tersebut tersebar merata dengan intensitas yang tinggi. Sementara nilai dominansi relatifnya juga lebih tinggi dibanding dengan jenis lainnya dengan nilai sebesar 40,55 hal tersebut menunjukkan bahwa secara umum jenis bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) mempunyai luas bidang dasar lebih besar dibanding lainnya. Potensi biomassa

¹² Didi Ali Hamdi, "Penyusunan Allometrik untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* BL.), *Jurnal Enviro Scienteae*, vol.10, 2014, h. 2.

¹³ Agil, Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat, *Jurnal Biologi Tropis*, vol. 14, no.2, 2014, h. 125.

jenis *Rhizophora apiculata* Bl. di Pulau Tampakkan adalah 45.748,38 ton sehingga karbon yang tersimpan adalah sebanyak $45.748,38 \text{ ton} \times 0,47 = 21.501,74 \text{ ton}$ dan karbondioksida yang dapat diserap sebanyak $(44/12) \times 21.501,74 \text{ ton} = 78.839,71 \text{ ton}$.¹⁴

Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa biomassa terbesar terdapat dari spesies *Rhizophora apiculata* Bl. Ø Pohon ($\pm$ SD cm) = $7,52 \pm 6,24$ dengan biomassa ($\pm$ SD kg) = $1.622.150,44 \pm 4.230,62$ hal tersebut diduga bahwa kerapatan dari spesies tersebut lebih besar dari spesies lain dari kedua zona. Hasil penelitian biomassa karbon mangrove di Desa Sidodadi, Ringgung, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung menunjukkan bahwa semakin besar lingkaran batang dan semakin banyak pohon menunjukkan bahwa biomassa karbon semakin besar.¹⁵

Mengingat besarnya peran tumbuhan bakau pada penyerap karbondioksida (CO₂), maka data estimasi biomassa karbon pada bakau perlu diketahui. Salah satu ekosistem tumbuhan bakau yang ada di Aceh adalah tumbuhan bakau merah yang terdapat di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. Kawasan pesisir pantai Kota Banda Aceh merupakan salah satu kawasan pesisir yang terkena dampak tsunami pada tahun 2004 silam. Luas mangrove yang rusak di Kota Banda Aceh akibat tsunami mencapai 111,3 ha yang tersebar dalam beberapa wilayah kecamatan salah satunya di Kecamatan

¹⁴ Didi Ali Hamdi, Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.), *Jurnal Enviro Scientee*, no. 10, 2014, h. 6.

¹⁵ Rimty Mayuftia, "Tingkat Kerusakan Dan Karbon Mangrove dengan Pendekatan Data Satelit Ndzi (Normalized Difference Vegetation Index) Di Desa Sidodadi Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung", *Jurnal Management Of Aquatic Resources*, vol. 2, no. 4, 2013, h. 150-151.

Syiah Kuala. Setelah tsunami kawasan ini diarahkan sebagai kawasan rehabilitasi dan sebagai kawasan green belt yang didukung oleh tanaman mangrove salah satu jenis dari tanaman mangrove tersebut ialah *Rhizophora apiculata* Bl.¹⁶

Keadaan alam di Gampong Alue Naga terbilang sangat kondusif, meskipun keadaan bakau Alue Naga pasca Tsunami tahun 2004 masih tampak pada beberapa keadaan tambak yang masih belum terurus. Gampong Alue Naga terletak di kecamatan Syiah Kuala kota Banda Aceh.¹⁷ Hal inilah yang membuat tumbuhan bakau di Gampong Alue Naga merupakan salah satu daerah yang sangat penting dalam penyerap karbon di atmosfer karena daerah tersebut dekat dengan perkotaan. Tumbuhan bakau mempunyai peranan dalam strategi mitigasi perubahan iklim, salah satunya fungsi bakau dalam mengurangi emisi karbon.

Berdasarkan hasil observasi di ruang baca Pendidikan Biologi dan Pustaka Tarbiyah UIN Ar-Raniry diketahui bahwa hasil penelitian atau referensi mengenai estimasi biomassa karbon masih sangat minim. Hal ini membuktikan bahwa kurangnya perhatian mahasiswa mengenai biomassa tumbuhan bakau yang seharusnya diketahui manfaat dan keberadaannya, karena tumbuhan bakau merupakan salah satu penyerap karbondioksida di udara dan penghasil karbon organik yang sangat di butuhkan oleh kelangsungan organisme lainnya.¹⁸

¹⁶ Wibisono, Sualia, Final Report: *Pembelajaran "Green Coast Project" di Propinsi NAD dan Nias, periode 2005-2008*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme (WIIP), 2008), h. 39.

¹⁷ Sekretaris Desa Kantor Desa Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh, 2011.

¹⁸ Hasil Observasi di Ruang Baca Pendidikan Biologi dan Pustaka Tarbiyah UIN Ar-Raniry.

Penelitian mengenai estimasi biomassa karbon pada tumbuhan bakau bisa menjadi pengetahuan tambahan bagi mahasiswa yang mengambil matakuliah ekologi tumbuhan yang hasil akhir dalam penelitian ini akan menghasilkan produk berupa modul praktikum yang dapat digunakan sebagai penunjang praktikum matakuliah ekologi tumbuhan tepatnya mengenai biomassa karbon pada bakau.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai ekosistem hutan mangrove di Alue Naga Kota Banda Aceh, dengan judul **“Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan”**.

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah jumlah biomassa pohon bakau merah di kawasan Gampong Alue Naga?
2. Berapakah jumlah karbon dari biomassa pohon bakau merah di Gampong Alue Naga?
3. Bagaimanakah respon mahasiswa terhadap hasil penelitian Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah di kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui jumlah biomassa pohon bakau di kawasan Gampong Alue Naga.
2. Untuk mengetahui jumlah karbon dari biomassa pohon bakau di Gampong Alue Naga.
3. Untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap hasil penelitian Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau di kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai estimasi biomassa karbon pada tumbuhan bakau di kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh.
2. Penelitian ini dapat dijadikan penunjang tambahan pada praktikum Ekologi Tumbuhan yang disusun dalam bentuk modul praktikum, kegiatan ini memberikan informasi bagi masyarakat sekitar tentang manfaat dari tumbuhan bakau dan hubungannya dengan lingkungan agar kelestarian alam dapat terjaga.

E. Definisi Operasional

Untuk menghindari kesalahpahaman istilah-istilah yang ada dalam judul penelitian ini, maka istilah-istilah yang akan dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Estimasi

Estimasi merupakan kegiatan penarikan kesimpulan statistik yang berawal dari hal-hal yang bersifat umum ke hal – hal yang bersifat khusus, agar penarikan kesimpulan dapat dibenarkan dan mampu mendekati kebenaran maka dibutuhkan suatu alat untuk memproses data secara benar, jika kegiatan estimasi dapat dilakukan secara benar maka semua keputusan yang berkaitan dengan estimasi dapat dilakukan juga dengan benar.¹⁹ Estimasi dalam penelitian ini dilakukan pada biomassa stok karbon tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl.

2. Biomassa Karbon

Biomassa karbon didefinisikan sebagai karbon yang terdapat dalam biomassa dengan jumlah total bahan organik hidup di atas tanah pada pohon termasuk daun, ranting, cabang, batang utama dan kulit. Biasanya komponen yang diukur untuk pendugaan biomassa ini berada di atas tanah karena merupakan bagian yang terbesar dari berat jumlah total biomassa. Umumnya karbon menyusun 45-50% bahan kering dari tanaman.²⁰

Kandungan karbon yang terdapat pada jenis bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dapat diduga berdasarkan kandungan biomassa yang terdapat di dalamnya. Kandungan biomasa pada bagian pohon berbeda tergantung pada zat-zat organik penyusun yang terdapat pada bagian-bagian pohon tersebut

¹⁹ I Putu Artaya, *Modul Statistik*, 2012, h.86.

²⁰ Brown, *Prinsip-Prinsip Ekologi*, (Jakarta: PT Bumi Aksara, 1997), h. 157.

diantaranya kandungan selulosa dan zat ekstraktif serta senyawa polisakarida.²¹ Biomassa karbon dalam penelitian ini adalah tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. yang terdapat di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh.

3. Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.)

Bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) merupakan salah satu jenis tanaman penyusun vegetasi mangrove yang juga berfungsi sebagai penyimpan karbon (*C sink*). Hal tersebut berkaitan dengan proses fotosintesis dimana tumbuhan menyerap CO₂ dan merubahnya menjadi senyawa organik.²²

Perawakan pohon, tinggi dapat mencapai 15 m, batang berkayu, silindris, kulit luar batang berwarna abu-abu kecoklatan dengan celah vertikal, muncul akar udara dari percabangannya. Daun: permukaan halus mengkilap, ujung runcing dengan duri, bentuk lonjong, ukuran panjang 3-13 cm, pangkal berbentuk baji, permukaan bawah tulang daun berwarna kemerahan, tangkai pendek, akar tunjang. Habitat ditanah basah, berlumpur, berpasir.²³ Tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) yang dimaksud dalam penelitian ini adalah tumbuhan bakau yang tergolong dalam kategori pohon.

²¹ Hilmi, *Model Pendugaan Kandungan Karbon pada Pohon Kelompok Jenis Rhizophora sp dan Bruguiera sp dalam Tegakan Hutan Mangrove*. (Bogor: Disertasi Institut Pertanian, 2003), h. 54.

²² Didi AliHamdi, Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.), *Jurnal Enviro Scienteeae*, no.10, 2014, h. 2.

²³ Ashton, *Manual of the Non-Dipterocarp Trees of Sarawak*. (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka Sarawak Branch For Forest Department Sarawak, 1988), h. 71.

4. Model Persamaan Allometrik

Allometrik didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan atau pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan.²⁴ Model persamaan allometrik yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menghitung biomassa karbon bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) yang terdapat di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh.

5. Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

Gampong Alue Naga merupakan salah satu gampong yang ada di Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Kecamatan Syiah Kuala sendiri memiliki 10 gampong dengan 3 mukim. Gampong Alue Naga memiliki luas wilayah ±329,19 Ha yang meliputi area pemukiman warga, sungai, pantai, dan rawa-rawa. Luas daratan 80,58 Ha, tambak 155,98 Ha, sunga seluas 89,63 Ha. Tumbuhan bakau di Gampong Alue Naga kini memiliki luas kurang lebih 16 hektar.

6. Penunjang Praktikum

Penunjang praktikum adalah sesuatu kegiatan yang dilaksanakan sebagai upaya melengkapi pemahaman yang didapatkan melalui pengamatan dan percobaan (eksperimen) sehingga dapat mengaktifkan proses belajar mengajar

²⁴ Dandun Sutaryo, *Penghitungan Biomassa*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme, 2009), h. 17.

dalam rangka mencapai tujuan pengajaran.²⁵ Hasil dari penelitian ini akan dibuat modul praktikum sebagai penunjang praktikum Ekologi Tumbuhan.

7. Respon Mahasiswa

Respon merupakan bayangan atau kesan dari apa yang telah kita amati dan kenali. Secara umum respon atau tanggapan dapat diartikan sebagai hasil atau kesan yang didapat dari sebuah pengamatan.²⁶ Respon yang dimaksud dalam penelitian ini berupa tanggapan mahasiswa terhadap hasil penelitian berupa modul praktikum ekologi tumbuhan pada materi biomassa karbon tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.).

8. Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Mata kuliah Ekologi Tumbuhan merupakan salah satu mata kuliah wajib di Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan beban kredit 3 (1) SKS yang terdiri atas 2 SKS materi dan 1 SKS praktikum. Mata kuliah ekologi tumbuhan mempelajari tentang hubungan tumbuhan dengan lingkungannya.²⁷

²⁵ Zulfirman, *Biologi Sebagai Penunjang Pendidikan*, (Mataram: STMIK Bumigors, 2010), h. 2.

²⁶ Alisuf Sabri, *Psikologi Umum dan Perkembangan*, (Jakarta: Pedoman Jaya, 2004), h. 60

²⁷ *Buku Panduan Akademik*, (Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2014/2015), h. 107.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Ekologi Tumbuhan

Ekologi merupakan gabungan dari dua kata dalam Bahasa Yunani yaitu oikos berarti rumah dan logos berarti ilmu atau pelajaran. Secara etimologis ekologi berarti ilmu tentang makhluk hidup dan rumah tangganya. Dengan kata lain definisi dari ekologi ialah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Berdasarkan definisi di atas maka yang dimaksud dengan Ekologi tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara tumbuhan (tumbuhan yang dibudidayakan) dengan lingkungannya. Lingkungan hidup tumbuhan dibagi atas dua kelompok yaitu lingkungan biotik dan abiotik.²⁸

Tumbuhan membutuhkan sumberdaya kehidupan dari lingkungannya, dan mempengaruhi lingkungan begitu juga sebaliknya lingkungan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Ekologi dibagi atas dua bagian yaitu sinekologi dan autekologi. Autekologi ialah ilmu yang mempelajari hubungan antara satu individu atau satu spesies dengan alam lingkungannya. Sinekologi ialah ilmu yang mempelajari hubungan antara beberapa grup individu yang berasosiasi bersama-sama sebagai satu unit dengan alam lingkungannya.²⁹

²⁸ Hardjosuwarn Sunarto, *Dasar-Dasar Ekologi Tumbuhan*, (Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM, 1990), h. 45.

²⁹ Rasidi Suswanto, *Ekologi Tumbuhan*, (Jakarta : Universitas Terbuka, 2004), h. 60.

Ekologi Tanaman yaitu ilmu yang membicarakan tentang hubungan timbal balik yang terdapat antara tanaman dan lingkungannya serta antara kelompok - kelompok tanaman. Dalam hal ini penting di sadari bahwa tanaman tidak terdapat sebagai individu atau kelompok individu yang terisolasi. Semua tanaman berinteraksi satu sama lain dengan lingkungan sejenisnya, dengan tanaman lain dan dengan lingkungan fisik tempat hidupnya. Dalam proses interaksi ini, tanaman saling mempengaruhi satu dengan lainnya dan dengan lingkungan sekitarnya, begitu pula berbagai faktor lingkungan mempengaruhi kegiatan hidup tanaman. Ciri khas ekologi tanaman (plant ecology) adalah tanaman dapat mengubah energi kimia menjadi energi potensial dan mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik.³⁰

B. Tumbuhan Jenis Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.)

Pohon bakau adalah jenis tanaman mangrove tropis dari genus *Rhizophora*. Di hutan mangrove, bakau biasanya tumbuh di bagian paling depan yang berhadapan dengan laut. Memiliki akar tunjang yang tumbuh menyembul dari batang bawah. Akar tersebut berfungsi untuk memperkokoh cengkeraman pohon agar tidak rebah. Pohon bakau bisa tumbuh di lingkungan dengan kadar garam tinggi, terendam air, tanah berpasir, dan sedimen lumpur. Akar bakau memiliki kelenjar khusus yang bisa menyaring garam dari air laut. Sebagian garam juga dibuang melalui daun-daun tua yang digugurkan. Daun pohon bakau memiliki lapisan kutikula yang tebal untuk mengurangi penguapan.

³⁰ Rasidi Suswanto, *Ekologi Tumbuhan*, (Jakarta: Universitas Terbuka, 2004), h. 12.

Kadang-kadang bakau dianggap sama dengan mangrove. Namun di beberapa literatur bakau dan mangrove dianggap dua istilah yang berbeda. Bakau merupakan salah satu jenis mangrove dari genus *Rhizophora*. Jadi bakau merupakan salah satu jenis mangrove.³¹

Suasana mangrove tercipta jika pantai dengan ombak yang tenang, ada endapan lumpur, curah hujan banyak, iklim tropis. Hutan mangrove sering disebut dengan hutan bakau karena tumbuhan bakau atau jenis-jenis dari suku Rhizophoraceae yang sering mendominasi tumbuh pada hutan tersebut. Jenis-jenis dari suku Rhizophoraceae salah satunya *Rhizophora apiculata* Bl.³²

Keberadaan hutan mangrove telah memberikan manfaat bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Pada perkembangannya hutan mangrove hanya dipandang sebagai obyek yang memberikan manfaat ekonomi. Fungsi ekologis mangrove selain dapat dikembangkan sebagai kawasan konservasi juga sebagai penyimpan karbon. Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) merupakan salah satu jenis tanaman penyusun vegetasi mangrove yang juga berfungsi sebagai penyimpan karbon (*C sink*) melalui proses fotosintesis.³³

1. Habitat tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.)

Spesies ini umumnya tumbuh pada tanah basah, berlumpur, berpasir, halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal. *Rhizophora apiculata* Bl.

³¹ Yus Rusila Noor, *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*, Cetakan ulang ke-3, Ditjen PHKA dan Wetland International, 1999, h. 43.

³² Anak Agung Ketut, Komposisi Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove Di Kawasan Hutan Perapat Benoa Desa Pemogan Kecamatan Denpasar Selatan Kodya Denpasar Propinsi Bali, *Jurnal Ilmu Dasar*, vol. 11, no . 2. 2010, h. 2.

³³ Didi Ali Hamdi, "Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* Bl.), *Jurnal Enviro Scientiae*, vol. 10, 2014, h. 76.

tidak menyukai substrat yang keras (dengan komposisi pasir yang tinggi). Tingkat dominansi jenis ini dapat mencapai 90% dari vegetasi yang tumbuh di suatu lokasi. Spesies ini tumbuh dengan baik pada perairan pasang surut yang memiliki pengaruh masukan air tawar yang kuat secara permanen. *Rhizophora apiculata* Bl. hidup pada daerah transisi. Kawasan pantai digenangi oleh air pasang rata-rata (normal high tide). Tempat ini mencakup sebagian besar hutan mangrove yang ditumbuhi beberapa jenis mangrove, salah satunya *Rhizophora apiculata* Bl.³⁴

2. Karakteristik tumbuhan bakau jenis *Rhizophora apiculata* Bl.

Rhizophora apiculata Bl. mempunyai pohon dengan ketinggian mencapai 30 m dengan diameter batang mencapai 50 cm. Memiliki perakaran yang khas hingga mencapai ketinggian 5 m, dan kadang-kadang memiliki akar udara yang keluar dari cabang. Kulit kayu berwarna abu-abu tua dan berubah-ubah. Daun kulit, warna hijau tua dengan hijau muda pada bagian tengah dan kemerahan di bagian bawah. Gagang daun panjangnya 17-35 mm dan warnanya kemerahan. Daunnya tunggal dan berhadapan. Bentuk daun elips menyempit, ujung meruncing, ukuran daun 7-19 x 3,5-8 cm. Daun mahkota berjumlah 4 berwarna kuning putih, tidak ada rambut, panjangnya 9-11 mm. Kelopak bunga 4 kuning kecoklatan, melengkung dan benang sari berjumlah 11-12 tak bertangkai.³⁵

³⁴ Dwi, *Hubungan Jenis Substrat Dengan Kerapatan Vegetasi Rhizophora Sp. Di Hutan Mangrove Sungai Nyirih Kecamatan Tanjung Pinang Kota Tanjung Pinang*, (Tanjung Pinang: FKIP Umrah, 2013), h. 10.

³⁵ Noor, "Deskripsi Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove Di Hutan Mangrove Riau", *Jurnal Kehutanan*, vol. 3, no. 2, 2006, h. 54.

Rhizophora merupakan tanaman mangrove dengan perawakan pohon yang muncul akar udara dari percabangannya. Karangan bunga terletak di ketiak daun, umumnya tersusun atas 2 bunga, yang bertangkai pendek, kelopak 4, berwarna coklat kekuningan, mahkota 4, berwarna keputihan, putik 1 berbelah 2, panjang 0,5–1 mm. Buahnya berwarna coklat, ukuran 2-3 cm, bentuk mirip buah jambu air, hipokotil silindris berdiameter 1-2 cm, panjang dapat mencapai 20 cm, bagian ujung sedikit berbintik-bintik, warna hijau keunguan. Permukaan daun halus mengkilap, ujung runcing dengan duri, bentuk lonjong, ukuran panjang 3-13 cm, pangkal berbentuk baji, permukaan bawah tulang daun berwarna kemerahan, tangkai pendek.³⁶ Salah satu ciri khas dari *R. apiculata* yang berbeda dari jenis bakau lainnya ialah daunnya yang cenderung lebih kecil.³⁷

Secara umum daun *Rhizophora apiculata* Bl. terdiri atas jaringan epidermis atas, jaringan palisade, jaringan spons, jaringan epidermis bawah. Diantara jaringan mesofil (jaringan palisade dan jaringan spon) terdapat berkas pengangkut xylem dan floem. Tipe stomata pada spesies ini adalah parasitik. Merupakan tipe stomata yang memiliki sel tetangga dua, bidang persekutuan segaris dengan celah stomata.³⁸

Jaringan batang *Rhizophora apiculata* Bl. terdiri atas selapis epidermis, hipodermis, korteks, endodermis, floem, xylem, dan empulur. Pada epidermis

³⁶ Sudarmadji, "Deskripsi Jenis-Jenis Anggota Suku Rhizophoraceae Di Hutan Mangrove Taman Nasional Baluran Jawa Timur", *Jurnal Biodiversitas*, vol. 5, no. 2, 2004, h. 69.

³⁷ Kusmana C, Istomo. *Pengenalan Jenis-jenis Mangrove*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2011), h.23.

³⁸ Atok Masofyan, "Karakteristik Morfo-Anatomi Struktur Vegetatif Spesies *Rhizophora apiculata* BL. (Rhizophoraceae)", *Jurnal Pendidikan*, vol. 1, no. 9, 2016, h. 169.

terdapat stomata. Hampir semua bagian tanaman *Rhizophora* sp. termasuk *Rhizophora apiculata* Bl. mengandung senyawa alkaloid, saponin, flavonoid dan tanin. Sistem perakaran *Rhizophora apiculata* Bl. merupakan akar nafas dengan cabang-cabang yang keluar dari batang.³⁹

Susunan jaringan akar *Rhizophora apiculata* Bl. dari luar ke dalam yaitu epidermis akar, hypodermis, jaringan palisade dengan kloroplas dan berkas pengangkut (Xylem dan Floem). Susunan jaringan akar ditunjukkan dengan irisan melintang pada akar. Jaringan epidermis merupakan jaringan terluar akar berupa selapis sel menyelimuti permukaan akar. Jaringan hypodermis juga berupa selapis sel berukuran lebih besar dibanding epidermis. Jaringan palisade dengan kloroplas, akar dapat membantu proses fotosintesis. Hal tersebut dapat terjadi karena posisi dari akar yang bercabang dari batang utama (akar nafas). Sisi dalam perisikel terdapat berkas pengangkut jaringan xylem dan jaringan floem (sel-sel kecil dan padat).⁴⁰

3. Perkembangbiakan Pohon Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.)

Bunga pohon bakau merah melakukan penyerbukan dengan bantuan angin. Bunga bakau juga bisa melakukan penyerbukan sendiri. Benih yang telah matang jatuh di sekitar pohon induknya dan kadang terbawa air laut sampai jauh. Benih tersebut bisa bertahan lama hingga berminggu-minggu terbawa arus. Pada awalnya benih bakau jatuh dalam posisi horizontal. Kemudian salah satu ujungnya akan menyerap air sehingga ujung tersebut menjadi berat dan posisinya

³⁹ Albrechtova, *Plant Anatomy in Environmental Studies*, (Prague: Charles University in Prague, 2004), h. 45.

⁴⁰ Simpson, *Plant Systematics*, (Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2006), h. 34.

berubah menjadi vertikal. Dalam beberapa minggu akan tumbuh akar dan daun di ujung lain yang menghadap ke atas.⁴¹

Ketika bibit yang telah berkecambah tersebut menyentuh tanah, akar tersebut akan berfungsi seperti jangkar sehingga pohon tidak melayang di atas air. Pada keadaan tersebut pohon bakau akan tumbuh dengan cepat. Akar akan terus menghujam tanah dan tumbuh daun-daun baru. Dalam tahun pertama bakau bisa tumbuh hingga 60 cm, karena kemampuan tumbuh yang cepat di tahun-tahun awal, pohon bakau memiliki peluang yang besar untuk bertahan hidup di lahan pasang surut. Oleh karena itu pohon ini sering digunakan untuk reboisasi hutan mangrove.⁴² Berikut ini adalah deskripsi dari tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



A

B

C

⁴¹ Singh, *Plant Systematics*, (New Hampshire: Science Publisher, 1999), 32.

⁴² Yus Rusila Noor, *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*, Cetakan ulang ke-3, Ditjen PHKA dan Wetland International, 1999, h. 45.



D

E

Gambar 2.1. *Rhizophora apiculata* Bl., A daun, B akar, B1 akar tunjang, C batang, D buah, E bunga.

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Malpighiales
 Famili : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Spesies : *Rhizophora apiculata* Bl.⁴³

C. Biomassa

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam satu area atau volume tertentu. Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas.⁴⁴ Biomassa adalah keseluruhan 14 volume makhluk hidup yang terdapat di hutan yang mencakup pohon secara lengkap, tunggul dan akar, batang

⁴³ Backer Brink, "Klasifikasi *Rhizophora apiculata* BL. di Gili Sulat", *Jurnal Ilmiah*, vol.4, no.3, 1965, h. 54

⁴⁴ Brown, 1997, *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest*, A Primer, FAO, USA, FAO Forestry Paper, h. 134.

di atas tunggul, batang, batang komersial, tajuk pohon, cabang, serta dedaunan. Biomassa merupakan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik baik yang hidup maupun yang mati, baik yang ada di atas permukaan tanah maupun yang berada di bawah permukaan tanah, seperti pohon, hasil panen, rumput, serasah, akar, hewan, serta sisa kotoran hewan.⁴⁵

Biomassa adalah jumlah total bahan organik yang terdapat dalam tegakan yang dinyatakan dalam berat kering oven dalam ton per unit area. Jumlah biomassa dalam hutan merupakan selisih antara produksi melalui fotosintesis dan konsumsi melalui respirasi. Dari segi manajemen hutan secara praktis data biomassa hutan sangat penting untuk perencanaan perusahaan khususnya dalam penetapan tujuan manajemen pengelolaan hutan.⁴⁶

Secara umum biomassa adalah total kandungan material organik suatu organisme hidup pada tempat dan waktu tertentu. Biomassa tumbuhan merupakan material kering dari suatu organisme hidup (tumbuhan) pada waktu, tempat dan luasan tertentu, sehingga satuan biomassa tumbuhan biasanya dinyatakan dalam kg/m² atau ton/ha.⁴⁷ Biomassa didefinisikan sebagai jumlah total bahan organik hidup di atas tanah pada pohon termasuk didalamnya ranting, daun, cabang,

⁴⁵ Sutaryo, *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme, 2009), h. 48.

⁴⁶ Suhendang, *Pengantar Ilmu Kehutanan Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan*, (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2002), h. 76.

⁴⁷ Ris Hadi Purwanto, "Potensi Biomasa Dan Simpanan Karbon Jenis-Jenis Tanaman Berkayu Di Hutan Rakyat Desa Nglanggeran, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta", *Jurnal Ilmu Kehutanan*, vol. 6, no. 2, 2012, h. 132.

batang utama, dan kulit yang dinyatakan dalam berat kering oven dalam suatu area.⁴⁸

Nilai biomassa selain dipengaruhi oleh kerapatan pohon juga di pengaruhi oleh besarnya diameter pohon, hal ini dikarenakan semakin besar diameter suatu pohon maka nilai biomasanya juga akan semakin besar. Pengaruh dari tingginya nilai diameter batang terhadap nilai biomassa suatu tegakan pohon sangat besar dibanding dengan kerapatan pohon.⁴⁹

Kandungan biomassa pada bagian pohon berbeda tergantung pada zat-zat organik penyusun yang terdapat pada bagian-bagian pohon tersebut diantaranya kandungan selulosa dan zat ekstraktif serta senyawa polisakarida. Hal tersebut berkaitan dengan proses fotosintesis dimana tumbuhan menyerap CO₂ dan merubahnya menjadi senyawa organik. Hasil fotosintesis disimpan pada bagian-bagian pohon serta digunakan untuk melakukan pertumbuhan diameter dan tinggi. Batang pohon merupakan bagian berkayu tempat penyimpanan cadangan hasil fotosintesis terbesar sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter berhubungan dengan penambahan biomassa.⁵⁰

⁴⁸ Tampubolon, *Potensi Penyerapan Karbon Dalam Mendukung Adaptasi Perubahan Iklim Di Hutan Marga Kecamatan Belalau Dan Batu Ketulis 52 Kabupaten Lampung Barat*, (Bandar Lampung: Universitas Lampung, 2011), h. 65.

⁴⁹ Dharmawan, "Dinamika Potensi Biomassa Karbon Pada Lanskap Hutan Bekas Tebangan Di Hutan Penelitian Malinau", *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, vol. 9, no. 1, 2012, h. 12-20.

⁵⁰ Fithria, *Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Pada Berbagai Sistem Penutupan Lahan di Sub-Sub DAS Amandit. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Sub-Sub DAS Amandit*, (Kalimantan Selatan: Word Agroforestry Centre, 2011), h. 55-68.

Seiring pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula karena terjadi penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter serta tinggi pohon.⁵¹

Pada dasarnya semakin besar diameter pohon maka semakin tinggi kandungan biomasanya. Hal tersebut disebabkan pohon dengan diameter lebih besar memiliki kandungan selulosa dan zat ekstraktif serta senyawa polisakarida lainnya yang tersimpan pada bagian batang. Dengan kata lain bahwa besarnya kandungan zat penyusun kayu berkorelasi positif dengan kandungan biomasanya. Jika dihitung persentase kandungan biomassa pada setiap bagian pohon maka diperoleh hasil bahwa pada bagian batang memiliki kandungan biomassa lebih banyak dibanding dengan bagian lainnya. Presentase kandungan biomassa pada bagian batang mencapai angka 77%, selanjutnya berturut-turut bagian cabang 14%, bagian ranting 6% dan bagian daun 3%.⁵²

Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon. Nilai biomassa yang telah diperoleh dapat menunjukkan berapa banyak kandungan karbon yang tersedia atau tersimpan pada suatu tegakan. Dikarenakan hampir 50% dari biomassa suatu tumbuhan tersusun oleh

⁵¹ Desti, "Penaksiran Biomassa Dan Karbon Tersimpan Pada Ekosistem Hutan Mangrove Di Kawasan Bandar Bakau Dumai", *Jurnal Riau Biologia*, vol. 1, no. 3, (2016) , h. 22.

⁵² Didi Ali Hamdi, "Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* BL.)", *Jurnal Enviro Science*, vol. 10, 2014, h. 81.

unsur karbon. Untuk itu semakin besar nilai biomasanya, maka kandungan karbon tersimpan juga akan semakin besar.⁵³ Terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu:

1. Sampling dengan pemanenan

Sampling dengan pemanenan dilaksanakan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya, mengeringkannya dan menimbang berat biomasanya. Pengukuran dengan metode ini untuk mengukur biomassa hutan dapat dilakukan dengan mengulang beberapa area cuplikan atau melakukan ekstrapolasi untuk area yang lebih luas dengan menggunakan persamaan allometrik. Meskipun metode ini terhitung akurat untuk menghitung biomassa pada cakupan area kecil, metode ini terhitung mahal dan sangat memakan waktu.

2. Sampling tanpa pemanenan

Sampling tanpa pemanenan merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk menghitung biomassa.

3. Pendugaan melalui penginderaan jauh

Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya tidak dianjurkan terutama untuk proyek-proyek dengan skala kecil. Kendala yang umumnya adalah karena teknologi ini relatif mahal dan secara teknis membutuhkan keahlian tertentu yang mungkin tidak dimiliki oleh pelaksana proyek. Metode ini juga kurang efektif pada daerah aliran sungai dan pedesaan. Hasil penginderaan jauh

⁵³ Brown, *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*, (FAO Forestry: Paper, 1997), h. 134.

dengan resolusi sedang mungkin sangat bermanfaat untuk membagi area proyek menjadi kelas-kelas vegetasi yang relatif homogen. Hasil pembagian kelas ini menjadi panduan untuk proses survei dan 16 pengambilan data lapangan. Untuk mendapatkan estimasi biomassa dengan tingkat keakuratan yang baik memerlukan hasil penginderaan jauh dengan resolusi yang tinggi, tetapi hal ini akan menjadi metode alternatif dengan biaya yang besar.

4. Pembuatan model

Model digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan insitu atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya, model empiris ini didasarkan pada jaringan dari sample plot yang diukur berulang, yang mempunyai estimasi biomassa yang sudah menyatu atau melalui persamaan allometrik yang mengkonversi volume menjadi biomassa.

D. Karbon dan Siklus Karbon

Perubahan kadar gas CO₂ di atmosfer diyakini sebagai akibat aktivitas manusia dalam hal emisi gas CO₂ melalui pembakaran material yang mengandung karbon untuk menghasilkan energi dan ekosistem alamiah yang mengandung material karbon tinggi yaitu hutan, sedangkan yang menjadi ekosistem dengan kandungan/ kadar karbon lebih rendah yaitu ekosistem pertanian. Perubahan ekosistem dari lahan hutan menjadi lahan pertanian sangat berpengaruh terhadap kadar CO₂ di atmosfer bumi karena sebagian besar

material organik C dari hutan pada akhirnya akan dioksidasi menjadi CO₂ disaat kegiatan pembersihan lahan (land clearing) dan penebangan hutan.⁵⁴

Karbon adalah unsur kimia yang dengan simbol C dan nomor atom 6. Penyerapan karbon terjadi selama proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi dari dalam tanah untuk membantu tumbuhan menghasilkan bahan baku pertumbuhan. Stok karbon pada ekosistem hutan bakau diestimasi dari biomassa dengan memakai aturan 46% biomasanya adalah karbon. Simpanan karbon yang terakumulasi dalam sistem ini disimpan di atas tanah dalam biomassa tumbuhan (batang pohon, batang, dan daun), di bawah tanah dalam biomassa tumbuhan (sistem akar dan rimpang), dan di dalam tanah organik kaya karbon yang banyak dijumpai dalam ekosistem ini. Potensi biomassa hutan yang besar adalah menyerap dan menyimpan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara.⁵⁵

Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer. Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Secara umum siklus karbon adalah proses dua langkah yang melibatkan respirasi dan fotosintesis. Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer (karbon dioksida) melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya

⁵⁴ Ris Hadi Purwanto, "Potensi Biomassa Dan Simpanan Karbon Jenis-Jenis Tanaman Berkayu Di Hutan Rakyat Desa Nglanggeran, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta", *Jurnal Ilmu Kehutanan*, vol.6, no. 2, 2012, h. 129.

⁵⁵ Dharmawan, "Dinamika Potensi Biomassa Karbon Pada Lanskap Hutan Bekas Tebangan Di Hutan Penelitian Malinau", *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, vol. 9, no. 1, 2012, h.12-20.

karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon.⁵⁶

Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi.⁵⁷ Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya. Pohon (dan organisme foto-totrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap karbondioksida dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan-lain-lain. Dalam aktifitas respirasi, sebagian karbon dioksida yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk karbondioksida ke atmosfer.⁵⁸

Ekosistem daratan karbon tersimpan alam 3 komponen pokok yaitu : Biomassa yakni bagian vegetasi yang masi hidup yaitu tajuk pohon, tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim; Nekromasa yakni bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon) atau telah tumbang/ tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terlapuk; Bahan Organik tanah yakni sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan mannusia) yang telah mengalami pelapukan baik

⁵⁶ Sutaryo, *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme, 2009), h. 48.

⁵⁷ Khairijon, *Profil Biomassa dan Kerapatan Vegetasi Tegakan Hutan Mangrove di Marine Station Kecamatan Dumai 50 Barat Riau*, (Bandar Lampung: Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013), h. 41-44.

⁵⁸ Kushartono, "Beberapa aspek bio-fisik kimia tanah di daerah mangrove Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang Universitas Diponegoro", *Jurnal Ilmu Kelautan*, vol. 14, no. 2, 2009, h. 76-83.

sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah. Kandungan karbon yang terdapat dapat jenis Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dapat diduga berdasarkan kandungan biomasa yang terdapat di dalamnya.⁵⁹

E. Biomassa Karbon pada Bakau Merah

Penyerapan karbondioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kepadatan biomassa yang diduga melalui pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon.⁶⁰ Bagian pohon yang memiliki kandungan biomassa karbon terbesar adalah bagian batang. Batang merupakan bagian berkayu dan tempat penyimpanan cadangan makanan dari hasil fotosintesis. Pohon melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan energi dengan menyerap karbon dari lingkungan. Pohon menyerap karbon melalui daun, kemudian melakukan fotosintesis, dan hasilnya disebar ke bagian pohon yang lain. Oleh karena itu, semakin besarnya diameter disebabkan oleh penyimpanan biomassa hasil konversi karbondioksida yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya karbondioksida yang diserap pohon tersebut.⁶¹

⁵⁹ Hairiah, *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. (Bogor: University of Brawijaya, 2007), h.76.

⁶⁰ Khairijon, *Profil Biomassa dan Kepadatan Vegetasi Tegakan Hutan Mangrove di Marine Station Kecamatan Dumai 50 Barat Riau*, (Bandar Lampung: Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013), h. 41-44.

⁶¹ Cahyaningrum, "Biomassa karbon mangrove pada kawasan mangrove pulau kemujan taman nasional karimun jawa Universitas Diponegoro", *Diponegoro Journal Of Maquares*, vol. 3, 2014, h. 34-42.

Besarnya nilai biomassa bakau diperoleh dari jumlah kerapatan suatu jenis dan besarnya lingkaran batang pohon serta jumlah vegetasi yang terdapat di tiap stasiun. Kandungan biomassa hutan sangat tergantung pada hasil yang diperoleh selama proses fotosintesis, selain itu juga dipengaruhi oleh umur tegakan dan sejarah tegakan. Setiap spesies memiliki kontribusi berbeda terhadap biomassa dan cadangan karbon total di setiap lokasi. Nilai biomassa dapat dihitung dengan melibatkan dua parameter yaitu berat jenis dan diameter batang. Diameter batang dapat mempengaruhi besarnya biomassa pohon dan dapat digambarkan bahwa semakin besar ukuran diameter batang suatu tumbuhan, maka semakin tinggi pula nilai biomassa tumbuhan tersebut.⁶²

Semakin tua umur suatu tegakan, akan semakin banyak cadangan karbon yang disimpannya. Jenis-jenis kayu keras, umumnya akan lebih banyak menyimpan karbon dibandingkan kayu-kayu lunak. Oleh karena itu, kandungan karbon untuk setiap jenis bakau akan berbeda satu dengan yang lainnya, tergantung kepada massa jenis kayu. Semakin tinggi massa jenis kayu, semakin banyak kandungan biomassa. Semakin besar kandungan biomassa, maka kandungan karbon tersimpan juga akan semakin besar.⁶³

⁶² Bismark, "Keragaman dan Potensi Jenis serta Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Sungai Subelen Siberut Sumatra Barat", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, vol. 5, no. 3, 2008, h. 297.

⁶³ Gunggung, "Peranan Ekosistem Mangrove Di Pesisir Kota Bengkulu Dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon", *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, vol. 23, no. 3, 2016, h. 330-331.

F. Model Persamaan Allometrik

Model allometrik merupakan sebuah model yang digunakan untuk menggambarkan perubahan yang sistematis dan didalamnya berisi hubungan antara ukuran atau pertumbuhan dari salah satu bagian dengan keseluruhan komponen dalam suatu makhluk hidup.⁶⁴ Hubungan tersebut dinyatakan secara matematika baik dalam bentuk fungsi logaritma maupun pangkat. Melalui model persamaan alometrik, biomassa dari suatu pohon dapat diduga hanya dengan memasukkan parameter diameter, tinggi, atau kombinasi keduanya sehingga biomassa tegakan dalam suatu ekosistem dapat dihitung. Pencarian model persamaan alometrik semakin berkembang pada berbagai jenis pohon termasuk jenis-jenis yang terdapat dalam hutan mangrove.⁶⁵

Untuk mengetahui kandungan biomassa yang terdapat dalam jenis bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dapat dilakukan melalui pendugaan dengan menggunakan model persamaan (allometrik). Melalui persamaan tersebut dapat dihitung jumlah karbondioksida yang diserap dan kandungan karbon yang tersimpan pada jenis tersebut yang selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung karbon tersimpan pada *Rhizophora apiculata* Bl. Persamaan allometrik yang paling akurat adalah yang berdasarkan spesies pohon.⁶⁶

⁶⁴ Tyas Ayu Lestari, "Persamaan Allometrik Biomassa dan Massa Karbon *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Studi Kasus Cagar Alam Pulau Dua Banten", *Jurnal Silvikultur Tropika*, vol. 7, no. 2, 2016, h. 95.

⁶⁵ Tyas Ayu Lestari, "Persamaan Allometrik Biomassa dan Massa Karbon *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Studi Kasus Cagar Alam Pulau Dua Banten", *Jurnal Silvikultur Tropika*, vol. 7, no. 2, 2016, h. 94.

⁶⁶ Basuki, *Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forest*, (Amerika: University of Usa, 2009), h. 77.

Model persamaan allometrik merupakan suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan/ pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat kering pohon secara keseluruhan. Setiap persamaan allometrik dikembangkan berdasarkan kondisi tegakan dan variasi jenis tertentu yang berbeda satu dengan yang lain.⁶⁷

Penggunaan allometrik yang spesies spesifik, baik dan bahkan mutlak diterapkan pada pendugaan biomassa pada hutan tanaman yang umumnya monokultur. Untuk mengetahui kandungan biomassa yang terdapat dalam jenis Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dapat dilakukan melalui pendugaan dengan menggunakan model persamaan (allometrik).⁶⁸ Allometrik dalam biologi mencakup penelitian tentang pertumbuhan dan perkembangan dari satu bagian organisme dalam hubungannya dengan yang lain.⁶⁹

G. Gampong Alue Naga

Alue Naga merupakan salah satu desa di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh yang berada di Provinsi Aceh. Alue Naga terletak di pinggir Laut

⁶⁷ Sutaryo, *Penghitungan Biomasa*, (Wetlands International Indonesia: Bogor, 2009), h. 76.

⁶⁸ Didi Ali Hamdi, "Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* BL.), *Jurnal Enviro Scienteae*, vol. 10, 2014, h. 75.

⁶⁹ Suwasono Heddy, *Ekofisiologi Tanaman*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2001), h. 36

dan muara sungai. Pada tahun 2005, masyarakat Alue Naga melakukan program rehabilitasi hutan mangrove. Kegiatan ini dilakukan karena sebagian mangrove di perairan muara sungai Alue Naga banyak yang mati akibat pasca tsunami pada tahun 2004.⁷⁰

Kawasan mangrove Gampong Alue Naga merupakan suatu kawasan hutan lindung yang terletak di Kecamatan Syiah Kuala. Gampong Alue Naga memiliki luas lebih kurang 329,19 Ha. Sedangkan luas mangrove di Gampong Alue Naga lebih kurang 16 Ha. Lokasi penelitian sebelah Utara berbatasan dengan Gampong Krueng Cut. Sebelah Barat berbatasan dengan laut. Sebelah timur berbatasan dengan Gampong Rukoh. Sebelah Selatan berbatasan dengan Gampong Tibang.⁷¹

Letak astronomis Banda Aceh adalah 05°16'15"– 05°36'16" Lintang Utara dan 95°16'15"–95°22'35" [Bujur Timur](#) dengan tinggi rata-rata 0,80 meter di atas permukaan laut. Provinsi Aceh adalah provinsi paling barat Republik Indonesia yang memiliki pantai yang cukup panjang ± 1.660 km dengan luas laut teritorial 32.071 km² dan wilayah laut ZEE seluas 534.520 Km².⁷²

H. Hasil Output dalam Penelitian Sebagai Penunjang Praktikum Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Penunjang merupakan suatu alat yang digunakan untuk mencapai suatu tujuan pembelajaran. Hasil output dalam penelitian ini sebagai penunjang yang

⁷⁰ Abdul Maulud, “Kelimpahan Biota Penempel yang Terdapat pada Mangrove di Muara Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh”, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, vol. 2, no. 4, 2017, h. 490.

⁷¹ <http://aluenaga-gp.bandaacehkota.go.id/sejarah>

⁷² Hasil Pengukuran di atas peta skala 1 : 8.000

dimaksudkan adalah dalam bentuk modul praktikum yang berisikan informasi tentang biomassa stok karbon pada bakau jenis *Rhizophora apiculata* BL. di hutan bakau dan cara menghitung stok biomassa karbon yang akan diteliti. Hasil penelitian ini yang telah dilakukan dapat dijadikan sebagai penunjang dalam praktikum matakuliah Ekologi tumbuhan sehingga membantu para mahasiswa dalam menyelesaikan tugas.

Praktikum merupakan bagian integral dari kegiatan belajar mengajar. Praktikum menjadi sarana pengenalan bahan dan peralatan yang semula dianggap abstrak menjadi lebih nyata sehingga peserta didik lebih memahami konsep-konsep biologi Ekologi Tumbuhan. Berdasarkan kondisi yang terjadi pada saat ini, literasi sains Indonesia masih tertinggal cukup jauh dibandingkan dengan negara lain. Hasil studi internasional melalui *Programme for International Student Assessment* (PISA) dapat dijadikan rujukan mengenai rendahnya literasi sains anak-anak Indonesia dibandingkan dengan negara lain.⁷³

Upaya dalam bidang kependidikan ini dapat diwujudkan dengan pembuatan petunjuk praktikum untuk mata kuliah praktikum ekologi. Petunjuk praktikum dibuat atau disusun guna membantu terlaksananya suatu praktikum, dimana di dalamnya tercantum judul praktikum atau percobaan, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, serta terdapat beberapa pertanyaan yang memiliki kaitan dengan tujuan dan ditulis dengan kaidah penulisan ilmiah.⁷⁴

⁷³ Firman, *Analisis Literasi Sains Berdasarkan Hasil PISA Nasional Tahun 2006*, (Jakarta: Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Depdiknas, 2007), h. 67.

⁷⁴ Musyarofah, *Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Sains*, (Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 2006), h. 302.

Modul adalah suatu proses pembelajaran mengenai suatu satuan bahasan tertentu yang disusun secara sistematis, operasional dan terarah. Pembelajaran dengan modul memberikan informasi dan petunjuk pelaksanaan yang jelas. Modul memberikan kesempatan untuk bermain peran (*role playing*), simulasi dan berdiskusi.⁷⁵

Modul praktikum Ekologi Tumbuhan menggunakan modul praktikum yang mengandung empat komponen literasi sains yaitu sains sebagai batang tubuh pengetahuan (*a body of knowledge*), sains sebagai cara berfikir (*way of thinking*) sains sebagai cara untuk menyelidiki (*way of investigating*) dan sains sebagai interaksi sains, teknologi dengan masyarakat (*interaction of science, technology and society*) yang melibatkan aspek-aspek yang mengandung literasi sains yaitu konten, proses dan konteks. Modul sangat diperlukan dalam kegiatan praktikum, selain sebagai penuntun praktikum modul juga dapat dirancang untuk mengarahkan siswa mampu bekerja dengan langkah-langkah ilmiah. Bahan ajar modul harus disusun secara sistematis dan menarik sehingga siswa dapat belajar secara mandiri.⁷⁶

Modul praktikum Ekologi Tumbuhan Berbasis Literasi Sains sebagai batang tubuh pengetahuan (*a body of knowledge*) “sangat baik” (91,07%). Modul praktikum Ekologi Tumbuhan Sains sebagai cara untuk menyelidiki (*way of*

⁷⁵ Dosen Program Studi Pendidikan Biologi, *Seminar Lokakarya Nasional Biologi FKIP UNS*, 2009, h. 34-35.

⁷⁶ Adisendjaja, *Analisis Buku Ajar Biologi Sma Kelas X Di Kota Bandung Berdasarkan Literasi Sains*, (Bandung: Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, 2009), h.45.

investigating) “sangat baik” (100%). Modul praktikum Ekologi Tumbuhan Sains sebagai cara berfikir (*way of thinking*) “sangat baik” (92,18%). Modul praktikum Ekologi Tumbuhan Interaksi sains, teknologi dengan masyarakat (*interaction of science, technology and society*) dan refleksi diri “sangat baik” (96,87%).⁷⁷



⁷⁷ Tini Rosalia, “Pengembangan Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan Berbasis Literasi Sains, *Jurnal Pendidikan Biologi*, vol. 6, no. 1, 2016, h. 231.

BAB III

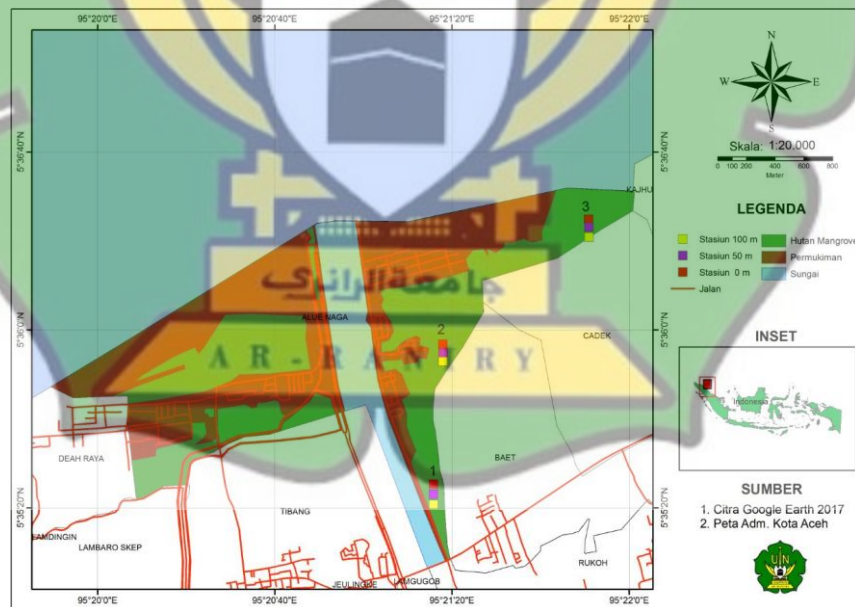
METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode petakan kuadrat. Metode petakan kuadrat bertujuan mengetahui komposisi jenis, peranan, penyebaran dan struktur dari suatu tipe vegetasi yang diamati.⁷⁸ Rancangan dalam penelitian menggunakan data kuantitatif.

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan September 2018. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1. Lokasi Penelitian

⁷⁸ Muslich Hidayat, *Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan*, (Banda Aceh: UIN Ar-Raniry, 2009).

2. Alat Penelitian

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

3.1.

Tabel 3.1. Alat yang digunakan pada penelitian.

No.	Alat	Fungsi
1.	GPS	Untuk menemukan titik lokasi
2.	Tali rafia	Untuk membuat plot 10m x10m
3.	Meteran	Untuk mengukur
4.	Alat tulis	Untuk menuliskan data dari hasil penelitian
5.	Kamera	Untuk dokumentasi pengamatan
6.	Kalkulator	Untuk alat hitung
7.	Termometer	Untuk mengukur suhu
8.	Secchi Disc	Untuk mengukur kecerahan perairan
9.	pH Meter	Untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaaan
10.	Refracrometer	Untuk mengukur konsentrasi zat terlarut
11.	Meteran Tanah	Untuk menarik garis line transek
12.	Meteran Tukang	Untuk mengukur petakan kuadrat pada setiap Stasiun
13.	Haga meter	Untuk mengukur tinggi pada pohon

3. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi data primer dan data skunder. Data primer meliputi hasil pengukuran terhadap vegetasi tingkat pohon (jenis, jumlah, diameter). Data skunder yang dikumpulkan antara lain meliputi kondisi umum lokasi studi seperti data biofisik lahan.

4. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dengan menentukan stasiun pengamatan. Penentuan stasiun pengamatan dilakukan dengan menggunakan teknik kolaborasi

metode transek dan kuadrat.⁷⁹ Jumlah stasiun pengamatan ditetapkan sebanyak 3 stasiun pengamatan: stasiun 1 dibagian dekat sungai, stasiun 2 dibagian dekat pemukiman dan stasiun 3 dibagian dekat laut.

B. Subjek dan objek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah keseluruhan bakau merah yang terdapat di kawasan hutan bakau Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. Objek dalam penelitian ini adalah bakau merah yang terdapat pada setiap stasiun pengamatan.

C. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar lebih mudah dan hasilnya lebih baik dalam arti lebih cepat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah.⁸⁰ Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar observasi pengamatan dan lembar angket.

D. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan teknik kolaborasi metode transek dan kuadrat. Teknik kolaborasi metode transek dan kuadrat dilakukan dengan menetapkan titik sampel (stasiun) berdasarkan kondisi dari hutan bakau dengan pertimbangan tertentu, yaitu dengan menentukan titik berdasarkan jarak dan

⁷⁹ Arie Pratama, *Akumulasi Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Mangrove yang Terdegradasi di Desa Tanjung Leban Benkalis*, (Riau: Repository University, 2010), h. 3.

⁸⁰ Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2010), h. 136.

tempat yang berbeda.⁸¹ Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yaitu dekat sungai, dekat pemukiman, dan dekat laut.

E. Teknik Analisis data

Analisis kuantitatif adalah analisis data dengan menggunakan angka-angka.⁸² Analisis kuantitatif yang dimaksudkan dalam penelitian untuk menjelaskan estimasi biomassa karbon pada hutan mangrove di Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh yang dilakukan dengan cara menghitung menggunakan rumus persamaan Allometrik:

1. Rumus mencari kerapatan pohon

$$\rho = \frac{\text{Jumlah Individu}}{\text{Luas petak pengamatan}}$$

Keterangan:

ρ = Kerapatan pohon (m^2)⁸³

2. Rumus mencari biomassa yang dihitung pada tegakan *Rhizophora apiculata* Bl. dengan menggunakan persamaan Allometrik :

$$W_{\text{top}} = \rho \times 0.235 \text{DBH}^{2.42}$$

Keterangan:

W_{top} = Biomassa pohon (kg/m^2 atau ton/ha)

ρ = Kerapatan pohon (m^2)

⁸¹ Sugiono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2012), h. 126.

⁸² Asep Saepul, Bahruddin, *Metode Penelitian ...*, h. 4.

⁸³ Indriyanto, *Ekologi Tumbuhan*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2006), h. 9

DBH = Diameter pohon setinggi dada (cm)⁸⁴

3. Rumus mencari kandungan karbon pada tegakan *Rhizophora apiculata* BL.

menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X = W_{top} \times 50\%$$

Keterangan

X = Jumlah karbon (g/cm² atau ton/ha)

W_{top} = Biomassa pohon⁸⁵

3. Skor Jawaban Responden Berdasarkan Skala Likert

Skor jawaban responden berdasarkan skala Likert seperti yang ada pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Penyebaran pada angket untuk pernyataan

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat Setuju	4
2	Setuju	3
3	Tidak Setuju	2
4	Sangat tidak setuju	1

4. Mengolah jumlah skor jawaban responden sebagai berikut:

a) Skor untuk pernyataan sangat setuju

$$\text{Skor} = 4 \times \text{jumlah responden}$$

b) Skor untuk pernyataan setuju

$$\text{Skor} = 3 \times \text{jumlah responden}$$

c) Skor untuk pernyataan tidak setuju

⁸⁴ Hilmi, "Model Pendugaan Biomassa Flora Bakau di Kabupaten Indragiri Hilir Riau", *Jurnal Biosfera*, vol. 23, no. 2, (2007), h. 470-476.

⁸⁵ Brown, Sandra, *Mengukur Karbon pada Hutan: Status dan Tantangan Masa Depan*, *Environmental Pollution* 116, (2002), h. 363-372.

$$\text{Skor} = 2 \times \text{jumlah responden}$$

d) Skor untuk pernyataan sangat tidak setuju

$$\text{Skor} = 1 \times \text{jumlah responden}$$

5. Data angket yang diperoleh dari responden akan dianalisis dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

Keterangan:

P = angka persentase angket

f = frekuensi jawaban mahasiswa (responden)

N = jumlah keseluruhan sampel (jumlah mahasiswa)

100 = bilangan tetap

6. Menafsirkan persentase jawaban angket secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Tafsiran skor (persentase) angket

Presentase	Kriteria
80,1% - 100%	Sangat Tinggi
60,1% - 80%	Tinggi
40,1% - 60%	Sedang
20,1% - 40%	Rendah
0,0% - 20%	Sangat Rendah ⁸⁶

⁸⁶ Nana Sudjana, *Metode Statistika*, (Bandung: Tarsito, 2005), h. 69.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian di Hutan Bakau Gampong Alue Naga didapatkan hasil data penelitian sebagai berikut:

1. Biomassa Karbon Pohon Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Hutan Bakau Gampong Alue Naga

Berdasarkan hasil perhitungan biomassa tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) menggunakan model persamaan allometrik di seluruh lokasi penelitian kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Seluruh Lokasi Penelitian Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

Stasiun	Kuadrat	Jumlah Spesies	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)
I	0 m	20	117,88	11,08
	50 m	8	76,22	7,662
	100 m	7	78,32	7,832
II	0 m	12	58,47	5,847
	50 m	10	47,81	4,781
	100 m	10	38,84	3,984
III	0 m	22	401,16	40,118
	50 m	19	178,69	18,072
	100 m	15	129,39	12,939
Total			= 1.126,78	= 112,315
Rata-rata			= 9.16	= 0,913

Berdasarkan tabel 4.1 di atas dapat diketahui bahwa jumlah biomassa bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di seluruh lokasi penelitian kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh dengan menggunakan persamaan allometrik pada masing-masing stasiun yang berbeda menggunakan line transek

dengan memakai petakan kuadrat 0 m; 50 m; dan 100 m didapatkan jumlah total biomassa sebanyak 1.126,78 ton/ha, dengan rata-rata 9,16 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 112,315 kg/m² dengan rata-rata 0,913 kg/m².

Berdasarkan hasil perhitungan biomassa tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) menggunakan model persamaan allometrik di kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh di stasiun 1 (dekat sungai) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Stasiun I (Dekat Sungai) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)
1.	35, 5 cm	8 m		13,37	0,629
2.	32 cm	7 m		10,40	1,04
3.	27, 5 cm	7 m		7,20	0,72
4.	28 cm	7, 5 m		7,52	0,752
5.	21 cm	6, 5 m		3,75	0,375
6.	23 cm	7,80 m		4,67	0,467
7.	24 cm	7,50 m		5,18	0,518
8.	21 cm	5 m		3,75	0,375
9.	26 cm	5, 50 m		6,29	0,629
10.	20 cm	5, 20 m	0 m	3,33	0,333
11.	25 cm	8 m		5,72	0,572
12.	27 cm	8, 20 m		6,89	0,689
13.	17 cm	8 m		2,25	0,225
14.	31 cm	9 m		9,63	0,963
15.	22 cm	8, 50 m		4,20	0,42
16.	25 cm	7, 90 m		5,72	0,572
17.	21 cm	8 m		3,75	0,375
18.	17 cm	7, 50 m		2,25	0,225
19.	25 cm	8 m		5,72	0,572
20.	26 cm	5, 50 m		6,29	0,629
Total				= 117,88	= 11,08
Rata-rata				= 5,894	= 0,554
21.	33 cm	8, 50 m		11,20	1,12
22.	36 cm	10 m		13,83	1,383
23.	21 cm	8 m		3,75	0,375

24.	32 cm	9 m	50 m	10,40	1,04
25.	27 cm	9 m		6,89	0,689
26.	37 cm	8, 50 m		14,78	1,478
27.	20 cm	5 m		3,33	0,333
28.	34 cm	8, 70 m		12,04	1,204
Total				= 76,22	= 7,622
Rata-rata				= 9,52	= 0,952
29.	41 cm	9 m		18,94	1,894
30.	25 cm	7 m		5,72	0,572
31.	35 cm	9 m		12,92	1,292
32.	28 cm	7, 50 m	100 m	7,52	0,752
33.	36 cm	7, 90 m		13,83	1,383
34.	29 cm	7, 50 m		8,19	0,819
35.	33 cm	8 m		11,20	1,12
Total				= 78,32	= 7,832
Rata-rata				= 2,23	= 1,11

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan data tabel 4.2 di atas dapat diketahui bahwa jumlah biomassa bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga pada stasiun 1 (dekat sungai) pada kuadrat 0 m didapatkan biomassa dengan total mencapai 117,88 ton/ha, dengan rata-rata 5,894 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan dengan total 11,08 kg/m² dengan rata-rata 0,554 kg/m². Pada kuadrat 50 m bioamassa yang didapatkan sebanyak 76,22 ton/ha, dengan rata-rata 9,52 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 7,622 kg/m², dengan rata-rata 0,952 kg/m². Pada kuadrat 100 m sebesar 78,32 ton/ha dengan rata-rata 2,23 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 7,832 kg/m², dengan rata-rata 1,11 kg/m².

Hasil pengolahan data biomassa tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di stasiun II (dekat pemukiman) kawasan hutan bakau Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Stasiun II (Dekat Pemukiman) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)
1.	25, 5 cm	7 m		4,83	0,483
2.	31, 5 cm	7 m		8,06	0,806
3.	25, 5 cm	8 m		4,83	0,483
4.	26, 5 cm	7, 50 m		5,30	0,53
5.	22, 2 cm	7 m		3,45	0,345
6.	15 cm	5, 50 m		1,33	0,133
7.	33, 3 cm	9 m	0 m	9,22	0,922
8.	19, 5 cm	8 m		2,52	0,252
9.	23 cm	5, 50 m		3,76	0,376
10.	30, 5 cm	6 m		7,45	0,745
11.	23, 5 cm	6, 20 m		3,96	0,396
12.	23 cm	6 m		3,76	0,376
Total				= 58,47	= 5,847
Rata-rata				= 4,87	= 0,487
13.	29 cm	7, 30 m		6,59	0,659
14.	23 m	5, 50 m		3,76	0,376
15.	28 cm	5 m		6,06	0,606
16.	25 cm	5, 30 m		4,60	0,46
17.	22 cm	5, 10 m	50 m	3,38	0,338
18.	28 cm	5, 15 m		6,06	0,606
19.	28 cm	6, 40 m		6,06	0,606
20.	22 cm	6, 15 m		3,38	0,338
21.	27 cm	6, 10 m		5,55	0,555
22.	19 cm	6 m		2,37	0,237
Total				= 47,81	= 4,781
Rata-rata				= 4,78	= 0,478
23.	26 cm	5, 50 m		5,06	0,506
24.	26 cm	5, 30 m		5,06	0,506
25.	22 cm	5 m		3,38	0,338
26.	22 cm	5, 10 m		3,38	0,338
27.	22 cm	5, 5 m	100 m	3,38	0,338
28.	25 cm	5 m		4,60	0,46

29.	26 cm	6, 30 m	5,06	0.506
30.	13 cm	6, 20 m	0,94	0,094
31.	22 cm	5, 50 m	3,38	0,338
32.	25 cm	5, 70 m	4,60	0,46
Total			= 38,84	= 3,984
Rata-rata			= 3,88	= 0,398

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan data tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa jumlah biomassa bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga pada stasiun I1 (dekat pemukiman) pada kuadrat 0 m didapatkan biomassa dengan total mencapai 58,47 ton/ha, dengan rata-rata 4,87 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan jumlah total 5,847 kg/m², dengan rata-rata 0,487 kg/m². Pada kuadrat 50 m biomassa yang didapatkan sebanyak 47,81 ton/ha dengan rata-rata 4,78 ton/ha. Setelah di konversikan didapatkan total 4,781 dengan rata-rata 0,4781 kg/m². Pada kuadrat 100 m sebesar 38,84 ton/ha, dengan rata-rata 3,88 ton/ha. Setelah di konversikan didapatkan total 3,984 kg/m² dengan rata-rata 0,398 kg/m².

Hasil pengolahan data biomassa tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di stasiun III (dekat laut) kawasan hutan bakau Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Stasiun III (Dekat Laut) Kawasan Hutan Bakau Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)
1.	27 cm	8 m		21,50	2,15
2.	27,5 cm	7, 20 m		22,47	2,247
3.	14 cm	5 m		4,38	0,438
4.	25 cm	7, 50 m		17,84	1,784
5.	23,5 cm	7, 40 m		17,84	1,784
6.	24 cm	7 m		16,17	1,617
7.	38 cm	10 m		49,16	4,916
8.	34 cm	10 m		37,56	3,756

9.	30 cm	9 m	27,74	2,774
10.	30, 5 cm	8, 50 m	28,88	2,888
11.	45 cm	11 m	74,02	7,402
12.	23 cm	10, 50 m	14,58	1,458
13.	24 cm	8 m	3,15	0,315
14.	20 cm	6 m	10,40	1,04
15.	17 cm	5 m	7,01	0,701
16.	16 cm	5 m	6,06	0,606
17.	12 cm	5 m	3,02	0,302
18.	16 cm	5 m	6,06	0,606
19.	18 cm	5,10 m	8,06	0,808
20.	19 cm	5,20 m	9,18	0,918
21.	21 cm	6,30 m	11,70	1,17
22.	14 cm	5,30 m	4,38	0,438
Total			= 401,16	= 40,118
Rata-rata			= 18,23	= 1,823
23.	29 cm	8,50 m	25,56	2,556
24.	25 cm	8,30 m	17,84	1,784
25.	21 cm	8 m	11,70	1,17
26.	19 cm	5 m	9,18	0,918
27.	16 cm	5 m	6,06	0,606
28.	18 cm	5,10 m	8,06	0,806
29.	19 cm	5 m	9,18	0,918
30.	14 cm	5 m	4,38	0,438
31.	19 cm	7 m	9,18	0,918
32.	20 cm	7 m	10,40	1,04
33.	16 cm	6 m	6,06	0,606
34.	19 cm	6 m	9,18	0,918
35.	25 cm	7,20 m	17,84	1,784
36.	20 cm	6,20 m	10,40	1,04
37.	21 cm	6,40 m	11,70	1,17
38.	19 cm	6 m	9,18	0,918
39.	18 cm	5 m	8,06	0,806
40.	19 cm	5 m	9,18	0,918
41.	19 cm	5,10 m	9,18	0,918
Total			= 178,69	= 18,072
Rata-rata			= 9,40	= 0,951
42.	16 cm	6, 50 m	6,06	0,606
43.	13 cm	5 m	3,66	0,366
44.	14 cm	7 m	4,38	0,438
45.	17, 2 cm	6, 10 m	7,22	0,722
46.	17 cm	6 m	8,29	0,829

47. 15 cm	6 m		5,18	0,518
48. 17 cm	6 m		7,01	0,701
49. 20 cm	7, 50 m		10,40	1,04
50. 20 cm	8 m	100 m	10,40	1,04
51. 19 cm	8 m		9,18	0,918
52. 23 cm	8 m		14,58	1,458
53. 20 cm	8, 10 m		10,40	1,04
54. 16 cm	5 m		6,06	0,606
55. 24 cm	7, 50 m		16,17	1,617
56. 20 cm	8 m		10,40	1,04
Total			= 129,39	= 12,939
Rata-rata			= 8,62	= 0,862

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan data tabel 4.4 di atas dapat diketahui bahwa jumlah biomassa bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga pada stasiun II1 (dekat laut) pada kuadrat 0 m didapatkan biomassa dengan total mencapai 401,16 ton/ha, dengan rata-rata 18,23 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 40,118 kg/m² dengan rata-rata 1,823 kg/m². Pada kuadrat 50 m biomassa yang didapatkan sebanyak 178,69 ton/ha, dengan rata-rata 9,40 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 18,072 kg/m² dengan rata-rata 0,951 kg/m². Pada kuadrat 100 m sebesar 129,39 ton/ha, dengan rata-rata 8,62 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total 12,939 kg/m² dengan rata-rata 0,862 kg/m².

2. Karbon Biomassa Hutan Bakau Di Gampong Alue Naga

Berdasarkan hasil perhitungan karbon tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) menggunakan model persamaan allometrik di seluruh lokasi penelitian kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Karbon Biomassa Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Yang Di Data Pada Seluruh Lokasi Penelitian

Stasiun	Kuadrat	Jumlah Spesies	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)	Karbon (ton/ha)	Karbon (kg/m ²)
I	0 m	20	117,88	11,08	59,94	5,988
	50 m	8	76,22	7,662	38,11	3,809
	100 m	7	78,32	7,832	39,16	3,843
II	0 m	12	58,47	5,847	29,235	2,921
	50 m	10	47,81	4,781	23,905	2,389
	100 m	10	38,84	3,984	19,42	1,942
III	0 m	22	401,16	40,118	200,4	20,045
	50 m	19	178,69	18,072	114,93	11,493
	100 m	15	129,39	12,939	64,695	6,468
Total			= 1.126,78	= 112,315	= 589,795	= 58,898
Rata-rata			= 9,16	= 0,91	= 4,79	= 0,478

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan tabel 4.5 di atas dapat diketahui bahwa jumlah biomassa bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di seluruh lokasi penelitian kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh dengan menggunakan persamaan allometrik didapatkan jumlah total biomassa sebanyak 1.126,78 ton/ha, dengan rata-rata 9,16 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 112,315 kg/m² dengan rata-rata 0,91 kg/m². Sedangkan jumlah karbon sebanyak 589,795 ton/ha, dengan rata-rata 4,79 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total karbon 58,898 kg/m² dengan rata-rata 0,478 kg/m².

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada tanggal 25 September 2018 diperoleh data hasil Karbon Biomassa Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di hutan bakau kawasan Gampong Alue Naga yang terbagi ke dalam 3 lokasi. Hasil pengolahan data biomassa tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di stasiun I (dekat sungai) kawasan hutan bakau Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Karbon Biomassa Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun I (Dekat Sungai)

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)	Karbon (ton/ha)	Karbon (kg/m ²)
1.	35, 5 cm	8 m		13,37	0,629	6,685	0,668
2.	32 cm	7 m		10,40	1,04	5,2	0,52
3.	27, 5 cm	7 m		7,20	0,72	3,6	0,36
4.	28 cm	7,5 m		7,52	0,752	3,76	0,376
5.	21 cm	6,5 m		3,75	0,375	1,875	0,187
6.	23 cm	7,80 m		4,67	0,467	2,335	0,233
7.	24 cm	7,50 m		5,18	0,518	2,59	0,259
8.	21 cm	5 m		3,75	0,375	1,875	0,187
9.	26 cm	5,50 m		6,29	0,629	3,145	0,314
10.	20 cm	5,20 m	0 m	3,33	0,333	1,665	0,166
11.	25 cm	8 m		5,72	0,572	2,86	0,286
12.	27 cm	8,20 m		6,89	0,689	3,445	0,344
13.	17 cm	8 m		2,25	0,225	1,125	0,112
14.	31 cm	9 m		9,63	0,963	4,815	0,481
15.	22 cm	8,50 m		4,20	0,42	2,1	0,21
16.	25 cm	7,90 m		5,72	0,572	3,86	0,386
17.	21 cm	8 m		3,75	0,375	1,875	0,187
18.	17 cm	7,50 m		2,25	0,225	1,125	0,112
19.	25 cm	8 m		5,72	0,572	2,86	0,286
20.	26 cm	5,50 m		6,29	0,629	3,145	0,314
Total				= 117,88	= 11,08	= 59,94	= 5,988
Rata-rata				= 5,89	= 0,554	= 2,997	= 0,299
21.	33 cm	8, 50 m		11,20	1,12	5,6	0,56
22.	36 cm	10 m		13,83	1,383	6,915	0,691
23.	21 cm	8 m		3,75	0,375	1,875	0,187
24.	32 cm	9 m	50 m	10,40	1,04	5,2	0,52
25.	27 cm	9 m		6,89	0,689	3,445	0,344
26.	37 cm	8,50 m		14,78	1,478	7,39	0,739
27.	20 cm	5 m		3,33	0,333	1,665	0,166
28.	34 cm	8,70 m		12,04	1,204	6,02	0,602
Total				= 76,22	= 7,622	= 38,11	= 3,809
Rata-rata				= 9,52	= 0,952	= 4,76	= 0,476
29.	41 cm	9 m		18,94	1,894	9,47	0,947
30.	25 cm	7 m		5,72	0,572	2,86	0,286
31.	35 cm	9 m		12,92	1,292	6,46	0,646
32.	28 cm	7,50 m	100 m	7,52	0,752	3,76	0,376
32.	36 cm	7,90 m		13,83	1,383	6,915	0,619
33.	29 cm	7,50 m		8,19	0,819	4,095	0,409
34.	33 cm	8 m		11,20	1,12	5,6	0,56

Total	= 78,32	= 7,832	= 39,16	= 3,843
Rata-rata	= 11,18	= 1,11	= 5,59	= 0,549

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas menunjukkan bahwa estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala di stasiun 1 (dekat sungai) pada kuadrat 0 m ditemukan sebanyak 20 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 117,88 ton/ha, dengan rata-rata 5,894 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 11,08 kg/m² dengan rata-rata 0,554 kg/m². Jumlah total karbon 58,94 ton/ha, dengan rata-rata 2,947 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan karbon total 5,988 kg/m² dengan rata-rata 0,299 kg/m².

Kuadrat 50 m ditemukan sebanyak 8 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 76,22 ton/ha, dengan rata-rata 9,52 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 7,622 kg/m² dengan rata-rata 0,952. Jumlah karbon total 38,11 ton/ha, dengan rata-rata 4,76 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan karbon total 3,809 kg/m² dengan rata-rata 0,476 kg/m². Pada kuadrat 100 m ditemukan sebanyak 7 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 78,32 ton/ha, dengan rata-rata 11,18 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 7,832 kg/m² dengan rata-rata 1.11 kg/m². Jumlah total

karbon 39,16 ton/ha, dengan rata-rata 5,59 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan karbon total 3,843 kg/m² dengan rata-rata 0,549 kg/m².

Hasil pengolahan data biomassa tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di stasiun II (dekat pemukiman) kawasan Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7: Biomassa Karbon Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun II (Dekat Pemukiman)

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)	Karbon (ton/ha)	Karbon (kg/m ²)
1.	25, 5 cm	7 m		4,83	0,483	2,415	0,241
2.	31, 5 cm	7 m		8,06	0,806	4,03	0,403
3.	25, 5 cm	8 m		4,83	0,483	2,415	0,241
4.	26, 5 cm	7,50 m		5,30	0,53	2,65	0,265
5.	22, 2 cm	7 m		3,45	0,345	1,725	0,172
6.	15 cm	5,50 m	0 m	1,33	0,133	0,665	0,066
7.	33, 3 cm	9 m		9,22	0,922	4,61	0,461
8.	19, 5 cm	8 m		2,52	0,252	1,26	0,126
9.	23 cm	5,50 m		3,76	0,376	1,88	0,188
10.	30, 5 cm	6 m		7,45	0,745	3,725	0,372
11.	23, 5 cm	6,20 m		3,96	0,396	1,98	0,198
12.	23 cm	6 m		3,76	0,376	1,88	0,188
Total				= 58,47	= 5,847	= 29,235	= 2,921
Rata-rata				= 4,87	= 0,487	= 2,43	= 0,243
13.	29 cm	7, 30 m		6,59	0,659	3,295	0,329
14.	23 m	5, 50 m		3,76	0,376	1,88	0,188
15.	28 cm	5 m		6,06	0,606	3,03	0,303
16.	25 cm	5, 30 m		4,60	0,46	2,3	0,23
17.	22 cm	5, 10 m	50 m	3,38	0,338	1,69	0,169
18.	28 cm	5, 15 m		6,06	0,606	3,03	0,303
19.	28 cm	6, 40 m		6,06	0,606	3,03	0,303
20.	22 cm	6, 15 m		3,38	0,338	1,69	0,169
21.	27 cm	6, 10 m		5,55	0,555	2,775	0,277
22.	19 cm	6 m		2,37	0,237	1,185	0,118
Total				= 47,81	= 4,781	= 23,905	= 2,389
Rata-rata				= 4,781	= 0,478	= 2,39	= 0,238
23.	26 cm	5, 50 m		5,06	0,506	2,53	0,253
24.	26 cm	5, 30 m		5,06	0,506	2,53	0,253
25.	22 cm	5 m		3,38	0,338	1,69	0,169
26.	22 cm	5, 10 m		3,38	0,338	1,69	0,169

27.	22 cm	5, 5 m		3,38	0,338	1,69	0,169
28.	25 cm	5 m	100 m	4,60	0,46	2,3	0,23
29.	26 cm	6, 30 m		5,06	0,506	2,53	0,253
30.	13 cm	6, 20 m		0,94	0,094	0,47	0,047
31.	22 cm	5, 50 m		3,38	0,338	1,69	0,169
32.	25 cm	5, 70 m		4,60	0,46	2,3	0,23
Total				= 38,84	= 3,984	= 19,42	= 1,942
Rata-rata				= 3,884	= 0,398	= 1,942	= 0,194

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan Tabel 4.7 di atas menunjukkan bahwa estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala di stasiun 1I (dekat Pemukiman) pada kuadrat 0 m ditemukan sebanyak 12 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 58,47 ton/ha, dengan rata-rata 4,87 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 5,847 kg/m² dengan rata-rata 0,478 kg/m². Jumlah total karbon 29,235 ton/ha, dengan rata-rata 2,43 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan karbon total 2,921 kg/m² dengan rata-rata 0,243 kg/m².

Kuadrat 50 m ditemukan sebanyak 10 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 47,81 ton/ha, dengan rata-rata 4,781. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 4,781 kg/m² dengan rata-rata 0,478 kg/m². Jumlah karbon total 23,905 ton/ha, dengan rata-rata 2,39 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total karbon 2,389 kg/m² dengan rata-rata 0,238 kg/m². Pada kuadrat 100 m ditemukan sebanyak 10 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora*

apiculata Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 38,84 ton/ha, dengan rata-rata 3,884 ton/ha dan karbon total 19,42 ton/ha, dengan rata-rata 1,942 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 3,984 kg/m² dengan rata-rata 0,194 kg/m².

Hasil pengolahan data biomassa tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di stasiun III (dekat laut) kawasan hutan bakau Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Biomassa Karbon Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun III (Dekat Laut)

No.	DBH	Tinggi Total	Kuadrat	Biomassa (ton/ha)	Biomassa (kg/m ²)	Karbon (ton/ha)	Karbon (kg/m ²)
1.	27 cm	8 m		21,50	2,15	10,75	1,075
2.	27, 5 cm	7, 20 m		22,47	2,247	11,235	1,123
3.	14 cm	5 m		4,38	0,438	2,19	0,219
4.	25 cm	7, 50 m		17,84	1,784	8,92	0,892
5.	23, 5 cm	7, 40 m		17,84	1,784	8,92	0,892
6.	24 cm	7 m		16,17	1,617	8,085	0,808
7.	38 cm	10 m		49,16	4,916	24,58	2,458
8.	34 cm	10 m		37,56	3,756	18,78	1,878
9.	30 cm	9 m		27,74	2,774	13,87	1,387
10.	30, 5 cm	8, 50 m		28,88	2,888	14,44	1,444
11.	45 cm	11 m	0 m	74,02	7,402	37,01	3,701
12.	23 cm	10, 50 m		14,58	1,458	7,29	0,729
13.	24 cm	8 m		3,15	0,315	1,575	0,157
14.	20 cm	6 m		10,40	1,04	5,2	0,52
15.	17 cm	5 m		7,01	0,701	3,505	0,350
16.	16 cm	5 m		6,06	0,606	3,03	0,303
17.	12 cm	5 m		3,02	0,302	1,51	0,151
18.	16 cm	5 m		6,06	0,606	3,03	0,303
19.	18 cm	5, 10 m		8,06	0,808	4,03	0,403
20.	19 cm	5, 20 m		9,18	0,918	4,59	0,459
21.	21 cm	6, 30 m		11,70	1,17	5,85	0,585
22.	14 cm	5, 30 m		4,38	0,438	2,19	0,219
Total				= 401,16	= 0,118	= 200,4	= 20,045
Rata-rata				= 18,23	= 1,823	= 9,10	= 0,911
23.	29 cm	8, 50 m		25,56	2,556	12,78	1,278
24.	25 cm	8, 30 m		17,84	1,784	8,92	0,892

25.	21 cm	8 m		11,70	1,17	5,85	0,585
26.	19 cm	5 m		9,18	0,918	4,59	0,459
27.	16 cm	5 m		6,06	0,606	3,03	0,303
28.	18 cm	5, 10 m		8,06	0,806	4,03	0,403
29.	19 cm	5 m		9,18	0,918	4,59	0,459
30.	14 cm	5 m		4,38	1,04	2,19	0,219
31.	19 cm	7 m		9,18	0,606	4,59	0,459
32.	20 cm	7 m	50 m	10,40	0,918	5,2	0,52
33.	16 cm	6 m		6,06	1,784	3,03	0,303
34.	19 cm	6 m		9,18	1,04	18,36	1,836
35.	25 cm	7, 20 m		17,84	1,17	8,92	0,892
36.	20 cm	6, 20 m		10,40	0,918	5,2	0,52
37.	21 cm	6, 40 m		11,70	0,806	5,85	0,585
38.	19 cm	6 m		9,18	0,918	4,59	0,459
39.	18 cm	5 m		8,06	0,806	4,03	0,403
40.	19 cm	5 m		9,18	0,918	4,59	0,459
41.	19 cm	5, 10 m		9,18	0,918	4,59	0,459
Total				= 178,69	= 18,072	= 114,93	= 11,493
Rata-rata				= 9,40	= 0,951	= 6,04	= 0,604
42.	16 cm	6, 50 m		6,06	0,606	3,03	0,303
43.	13 cm	5 m		3,66	0,366	1,83	0,183
44.	14 cm	7 m		4,38	0,438	2,19	0,219
45.	17, 2 cm	6, 10 m		7,22	0,722	3,61	0,361
46.	17 cm	6 m		8,29	0,829	4,145	0,414
47.	5 cm	6 m		5,18	0,518	2,59	0,259
48.	17 cm	6 m		7,01	0,701	3,505	0,350
49.	20 cm	7, 50 m		10,40	1,04	5,2	0,52
50.	20 cm	8 m	100 m	10,40	1,04	5,2	0,52
51.	19 cm	8 m		9,18	0,918	4,59	0,459
52.	23 cm	8 m		14,58	1,458	7,29	0,729
53.	20 cm	8, 10 m		10,40	1,04	5,2	0,52
54.	16 cm	5 m		6,06	0,606	3,03	0,303
55.	24 cm	7, 50 m		16,17	1,617	8,085	0,808
56.	20 cm	8 m		10,40	1,04	5,2	0,52
Total				= 129,39	= 12,939	= 64,695	= 6,468
Rata-rata				= 8,626	= 0,862	= 4,313	= 0,431

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas menunjukkan bahwa estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di kawasan Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala di stasiun III (dekat laut) pada

kuadrat 0 m ditemukan sebanyak 22 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 401,16 ton/ha, dengan rata-rata 18,23 ton/ha. Setelah dikonversikan 0,118 kg/m² dengan rata-rata 1,823. Jumlah karbon 200,4 ton/ha, dengan rata-rata 9,10 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total karbon 20,045 kg/m² dengan rata-rata 0,911 kg/m².

Kuadrat 50 m ditemukan sebanyak 19 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 178,69 ton/ha, dengan rata-rata 9,40 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan biomassa total 18,072 kg/m² dengan rata-rata 0,951. Jumlah karbon 114,93 ton/ha, dengan rata-rata 6,04 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan karbon total 11,493 kg/m² dengan rata-rata 0,604 kg/m². Pada kuadrat 100 m ditemukan sebanyak 16 spesies. Estimasi biomassa karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) dengan menggunakan rumus persamaan allometrik diperoleh jumlah total biomassa 129,39 ton/ha dengan rata-rata 8,626 ton/ha. Setelah dikonversikan didapatkan total biomassa 12,939 kg/m² dengan rata-rata 0,862 kg/m². Jumlah total karbon 64,695 ton/ha dengan rata-rata 4,313. Setelah dikonversikan didapatkan total karbon 6,468 kg/m² dengan rata-rata 0,431 kg/m².

Bedasarkan hasil pengukuran faktor fisik-kimia perairan pada masing-masing stasiun pengamatan di hutan bakau kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Parameter Fisik-Kimia Hutan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Di Seluruh Lokasi Penelitian Kawasan Gampong Alue Naga

No	Lokasi	Parameter Fisik-Kimia Hutan Bakau Alue Naga			
		pH Air	Suhu	Kecerahan	Salinitas
1	Titik I	8,41	31,5 °C	64 cm (keruh)	33 ‰
2	Titik II	8,40	33,3 °C	21 cm (keruh)	30 ‰
3	Titik III	9,57	33,3 °C	54 cm (keruh)	41 ‰
Nilai Rata-rata		8,79	32,7 °C	46,33 (Keruh)	34,66 ‰

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan data pada tabel 4.9 di atas, parameter fisik-kimia di hutan bakau Gampong Alue Naga didapatkan tidak jauh berbeda antara titik satu dengan titik lain. Suhu Hutan Bakau Gampong Alue Naga berkisar antara 31,5-33,3 °C dengan suhu tertinggi terdapat pada titik II dan III dan suhu terendah terdapat pada titik I. pH air di hutan bakau Gampong Alue Naga berkisar antara 8,41-9,57 dengan pH tertinggi di titik III dan pH terendah yaitu di titik II. Kecerahan air di hutan bakau Gampong Alue Naga dengan tingkat kecerahan tertinggi terdapat di titik I yaitu 64 cm yang termasuk dalam kategori keruh dan kecerahan air terendah terdapat di titik II yaitu 21 cm dengan kategori keruh. Salinitas air di hutan bakau Gampong Alue Naga yang terendah terdapat di titik II yaitu 30 ‰ yang termasuk dalam kategori air payau dan yang tertinggi terdapat di titik III yaitu 41 ‰ yang termasuk kategori air saline.

3. Hasil Pengolahan Data Respon Mahasiswa Terhadap Hasil Penelitian Estimasi Biomassa Karbon Tumbuhan Bakau Di Kawasan Gampong Alue Naga

Berdasarkan hasil pengolahan data respon mahasiswa terhadap hasil penelitian estimasi biomassa karbon tumbuhan bakau berupa modul praktikum Kawasan Gampong Alue Naga dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil Pengolahan Data Respon Angket pada Mahasiswa

No.	Penskoran Angket				Persentase Angket (%)			
	SS	S	TS	STS	SS	S	TS	STS
1	2	7	-	1	20	70	-	10
2	4	6	-	-	40	60	-	-
3	2	7	1	-	20	70	10	-
4	7	2	-	1	70	20	-	10
5	5	5	-	-	50	50	-	-
6	6	4	-	-	60	40	-	-
7	3	7	-	-	30	70	-	-
8	1	9	-	-	10	90	-	-
9	4	6	-	-	40	60	-	-
10	5	5	-	-	50	50	-	-
Jumlah =	39	58	1	2	390	580	10	20
Rata-rata =					39	58	1	2

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan hasil pengolahan data pada tabel 4.10 di atas dapat diketahui bahwa hasil respon mahasiswa terhadap modul praktikum tentang Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh diperoleh rata-rata persentase untuk sangat setuju sebanyak 39%; setuju 58%; tidak setuju 1%; dan sangat tidak setuju 2%.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa jumlah biomassa karbon pohon Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Gampong Alue Naga pada 3 stasiun yang berbeda yaitu dekat sungai, dekat perumahan dan dekat laut didapatkan jumlah biomassa pohon yang berbeda-beda. Jumlah biomassa pohon pada stasiun I dekat sungai di kuadrat 0 m sebesar 117,88 ton/ha, setelah dikonversikan sebesar 11,08 kg/m². Kuadrat 50 m sebesar 76,22 ton/ha, setelah dikonversikan sebesar 7,662 kg/m². Kuadrat 100 m sebesar 78,32 ton/ha, setelah

dikonversikan sebesar $7,832 \text{ kg/m}^2$. Stasiun II dekat pemukiman pada kuadrat 0 m sebesar $58,47 \text{ ton/ha}$, setelah dikonversikan sebesar $5,847 \text{ kg/m}^2$. Kuadrat 50 m sebesar $47,81 \text{ ton/ha}$, setelah dikonversikan sebesar $4,781 \text{ kg/m}^2$. Kuadrat 100 m sebesar $38,84 \text{ ton/ha}$, setelah dikonversikan sebesar $3,984 \text{ kg/m}^2$. Stasiun III dekat laut pada kuadrat 0 m sebesar $401,16 \text{ ton/ha}$; setelah dikonversikan sebesar $40,118 \text{ kg/m}^2$. Kuadrat 50 m sebesar $178,69 \text{ ton/ha}$, setelah dikonversikan sebesar $18,072 \text{ kg/m}^2$. Kuadrat 100 m sebesar $129,39 \text{ ton/ha}$. Setelah dikonversikan sebesar $12,939 \text{ kg/m}^2$.

Hal ini disebabkan karena pengaruh pada DBH (diameter setinggi dada), tinggi total pohon dan jumlah pohon pada masing-masing setiap petakan kuadrat yang berbeda. Semakin besar DBH pada suatu pohon maka semakin besar pula biomassa yang dihasilkan. Didi yang menyatakan “Pada dasarnya semakin besar diameter pohon maka semakin tinggi kandungan biomasanya. Hal tersebut disebabkan pohon dengan diameter lebih besar memiliki kandungan selulosa dan zat ekstraktif serta senyawa polisakarida lainnya yang tersimpan pada bagian batang. Dengan kata lain bahwa besarnya kandungan zat penyusun kayu berkorelasi positif dengan kandungan biomasanya”.⁸⁷

Biomassa merupakan total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Biomassa tegakan hutan mangrove dihitung menggunakan persamaan allometrik yang telah ditetapkan dan dikembangkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Biomassa suatu tegakan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa variabel

⁸⁷ Didi Ali Hamidi, “Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* Bl.), *Jurnal Enviro Scienteae*, vol.10, (2014), h. 76.

seperti data diameter dan tinggi pohon. Nilai biomassa dan kandungan karbon tersimpan berbeda-beda pada berbagai ekosistem, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanah, serta cara pengelolaan pada ekosistem tersebut.⁸⁸

Rhizophora apiculata Bl. merupakan salah satu tumbuhan bakau yang paling banyak ditemukan pada daerah pesisir pantai. Spesies ini dapat tumbuh mencapai 30 m dengan diameter pohon mencapai 50 cm³. Selain itu, spesies ini dapat tumbuh pada tanah yang berlumpur, berpasir, dan tergenang. Mangrove jenis ini merupakan komponen mayor dari bakau dan dapat tumbuh pada daerah dengan lumpur agak keras dan dangkal, tergenang air pasang harian serta dapat membentuk tegakan murni.⁸⁹

Hampir 40% dari biomassa pohon adalah karbon, dimana pohon melalui proses fotosintesis menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya. Maka salah satu cara untuk mengetahui simpanan karbon adalah dengan cara menghitung biomassa dari tumbuhan tersebut.⁹⁰

⁸⁸ Desti Zarli Mandari, “Penaksiran Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove Di Kawasan Bandar Bakau Dumai”, *Jurnal Riau Biologia*, vol. 1, no. 3, (2016), h. 21.

⁸⁹ Atok Masofyan Hadi, “Karakteristik Morfo-Anatomi Struktur Vegetatif Spesies *Rhizophora apiculata* (Rhizophoraceae)”, *Jurnal Pendidikan*, vol. 1, no. 9, (2016), h.1688

⁹⁰ Fajar Rahmah, “Potensi Karbon Tersimpan pada Lahan Mangrove dan Tambak Di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh” *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, vol. 4, no. 1, (2015), h. 528

Fithria menyatakan bahwa jumlah biomassa pada pohon lebih banyak dibanding nekromasa, tumbuhan bawah ataupun serasah. Hal tersebut berkaitan dengan proses fotosintesis dimana tumbuhan menyerap CO₂ dan merubahnya menjadi senyawa organik. Hasil fotosintesis disimpan pada bagian-bagian pohon serta digunakan untuk melakukan pertumbuhan diameter dan tinggi. Batang pohon merupakan bagian berkayu tempat penyimpanan cadangan hasil fotosintesis terbesar sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter berhubungan dengan pertambahan biomassa.⁹¹

Berdasarkan hasil penelitian biomassa karbon tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di hutan Mangrove kawasan Gampong Alue Naga yang dilakukan pada tanggal 25 september 2018 diambil data pada 3 stasiun yang berbeda dengan kuadrat 0 m, 50 m dan 100 m diperoleh data yang berbeda-beda di setiap stasiunnya. Adapun data yang diperoleh pada stasiun I dekat sungai pada kuadrat 0 m diperoleh biomassa sebesar 74,81 dan karbon sebesar 37,38. Pada kuadrat 50 m biomassa sebesar 120,91 dan karbon sebesar 60,4. Pada kuadrat 100 m biomassa sebesar 140,57 dan karbon sebesar 71.

Biomassa karbon yang didapatkan dari data hasil penelitian memperlihatkan bahwa hutan mangrove memiliki fungsi penting dalam penyimpanan karbon. Seperti yang dinyatakan oleh Murdiyarso “hasil penelitian para ahli CIFOR menunjukkan bahwa penyimpanan karbon di mangrove di sepanjang kawasan pesisir wilayah Indo-Pacific, Meski hanya memiliki luas 0,7%

⁹¹ Fithria, dkk, *Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Pada Berbagai Sistem Penutupan Lahan di Sub-Sub DAS Amandit. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Sub-Sub DAS Amandit*. (Kalimantan Selatan: Word Agroforestry Centre, 2011), h. 55-68.

dari luasan hutan, akan tetapi mangrove dapat menyimpan sekitar 10% dari semua emisi. Di hutan mangrove yang dikategorikan sebagai ekosistem lahan basah, penyimpanan karbon mencapai 800-1.200 ton per hektar. Pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil dari pada hutan di daratan, hal ini karena pembusukan serasah tanaman aquatic tidak melepaskan karbon ke udara”.⁹²

Hasil penelitian tentang biomassa karbon tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) akan dimanfaatkan dalam bentuk modul praktikum yang akan dijadikan sebagai penunjang praktikum mata kuliah Ekologi Tumbuhan pada materi Biomassa Karbon bagi mahasiswa Pendidikan Biologi. Modul yang akan dibuat oleh peneliti berbentuk modul praktikum. Isi dari modul tersebut terdiri dari judul praktikum, tujuan praktikum, dasar teori tentang tumbuhan bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.), alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel, cara kerja untuk mengambil sampel dan pengamatan sampel, serta daftar pustaka sebagai referensi.⁹³

Respon mahasiswa terhadap hasil penelitian estimasi biomassa karbon pada tumbuhan bakau merah di kawasan Gampong Alue Naga sebagai penunjang praktikum ekologi tumbuhan diperoleh rata-rata persentase untuk sangat setuju dan setuju sebanyak 97%; tidak setuju dan sangat tidak setuju sebanyak 3%. Hal ini menunjukkan bahwa tafsiran skor (persentase) angket untuk jawaban sangat

⁹² Murdiyarso, dkk, *Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forest and Peatlands in Indonesia*. (Wetlands International – Indonesia Program dan Wildlife Habitat Canada: Bogor, 2004), h. 528.

⁹³ Siti Yuni Safinah, dkk, “Penerapan Modul Praktikum Berbasis Produk Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) Siswa di Kelas X SMA Negeri Lemahabang Cirebon”, *Jurnal Scientia Education*, Vol. 2, Edisi. 2, (2013), h.16.

setuju dan setuju dalam tafsiran skor masuk ke dalam tafsiran 80,1% - 100% yang menunjukkan bahwa sangat tinggi. Untuk jawaban sangat tidak setuju dan tidak setuju masuk ke dalam tafsiran 0% - 20% yang menunjukkan bahwa sangat rendah.⁹⁴



⁹⁴ Nana Sudjana, *Metode Statistika*, (Bandung: Tarsito, 2005), h. 69.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang “Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik Di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Biomassa pohon bakau merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) di Gampong Alue Naga diperoleh sebanyak 1,52 ton/ha sedangkan jumlah total biomassa di hutan bakau Gampong Alue Naga sebesar 187,56 ton/ha.
2. Karbon pohon bakau merah di Gampong Alue Naga di peroleh sebanyak 0,75 ton/ha sedangkan jumlah total karbon di hutan bakau Gampong Alue Naga sebesar 92,31 ton/ha.
3. Respon mahasiswa terhadap hasil penelitian Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah di Kawasan Gampong Alue Naga pada persentase angket dengan rata-rata untuk sangat setuju dan setuju 97% sedangkan tidak setuju dan sangat tidak setuju 3%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik Di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan, maka saran dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat dilakukan penelitian selanjutnya mengenai estimasi biomassa karbon pada tumbuhan mangrove lainnya dengan menggunakan persamaan allometrik di kawasan gampong Alue Naga kota Banda Aceh.
2. Diharapkan penelitian ini hendaknya dapat dijadikan sebagai modul praktikum pada mata kuliah Ekologi Tumbuhan dan referensi dalam praktikum Ekologi Tumbuhan serta bahan informasi lanjutan bagi mahasiswa UIN jurusan Biologi.
3. Diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis pada kegiatan pembelajaran dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari sebagai bekal untuk menghadapi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta arus globalisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Maulud, Abdul. (2017). “Kelimpahan Biota Penempel yang Terdapat pada Mangrove di Muara Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh”. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*. Vol. 2. No. 4.
- Adisendjaja. (2009). *Analisis Buku Ajar Biologi Sma Kelas X Di Kota Bandung Berdasarkan Literasi Sains*. Bandung: Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Agil. (2014). Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. 14. No.2.
- Albrechtova. (2004). *Plant Anatomy in Environtmental Studies*. Prague: Charles University in Prague.
- Sabri, Alisuf. (2004). *Psikologi Umum dan Perkembangan*. Jakarta: Pedoman Jaya.
- Ketut, Anak Agung. (2010). Komposisi Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove Di Kawasan Hutan Perapat Benoa Desa Pemogan Kecamatan Denpasar Selatan Kodya Denpasar Propinsi Bali. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 11. No . 2.
- Pratama, Arie. (2010). *Akumulasi Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Mangrove yang Terdegradasi di Desa Tanjung Leban Benkalis*. Riau: Repository University.
- Saepul, Asep dan Bahrudin, *Metode Penelitian ...*, h. 4.
- Ashton. (1988). *Manual of the Non-Dipterocarp Trees of Sarawak*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka Sarawak Branch For Forest Department Sarawak.
- Hadi, Atok Masofyan. (2016). “Karakteristik Morfo-Anatomi Struktur Vegetatif Spesies *Rhizophora apiculata* (Rhizophoraceae)”. *Jurnal Pendidikan*. Vol. 1. No. 9.
- Brink, Backer. (1965). “Klasifikasi *Rhizophora apiculata* BL. di Gili Sulat”. *Jurnal Ilmiah*. Vol.4. No.3.
- Basuki. (2009). *Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forest*. Amerika: University of Usa.
- Bismark. (2008). “Keragaman dan Potensi Jenis serta Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Sungai Subelen Siberut Sumatra Barat”. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. Vol. 5. No. 3.

- Brown. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest*, A Primer, FAO, USA, FAO Forestry Paper.
- Brown. (1996). *Guidelines For Inventory And Monitoring Carbon Offsets in Forest Based Project*. USA: Winrock International.
- Brown. (1997). *Prinsip-Prinsi Ekologi*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Brown, Sandra. (2002). *Mengukur Karbon pada Hutan: Status dan Tantangan Masa Depan*, Environmental Pollution 116.
- Buku Panduan Akademik*. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2014/ 2015.
- Cahyaningrum. (2014). "Biomassa karbon mangrove pada kawasan mangrove pulau kemujan taman nasional karimun jawa Universitas Diponegoro". *Diponegoro Journal Of Maquares*. Vol. 3.
- Sutaryo, Dandun. (2009). *Penghitungan Biomassa*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Mandari, Desti Zarli. (2016). "Penaksiran Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove Di Kawasan Bandar Bakau Dumai". *Jurnal Riau Biologia*. Vol. 1. No. 3.
- Dharmawan. (2012). "Dinamika Potensi Biomassa Karbon Pada Lanskap Hutan Bekas Tebangan Di Hutan Penelitian Malinau". *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. Vol. 9. No. 1.
- Hamdi, Didi Ali. (2014). "Penyusunan Allometrik Untuk Pendugaan Kandungan Biomassa Jenis Bakau (*Rhizophora apiculata* Bl.). *Jurnal Enviro Scienteae*. Vol. 10.
- Dosen Program Studi Pendidikan Biologi. 2009. *Seminar Lokakarya Nasional Biologi FKIP UNS*.
- Dwi. (2013). *Hubungan Jenis Substrat Dengan Kerapatan Vegetasi Rhizophora Sp. Di Hutan Mangrove Sungai Nyirih Kecamatan Tanjung Pinang Kota Tanjung Pinang*. Tanjung Pinang: FKIP Umrah.
- Rahmah, Fajar. (2015). "Potensi Karbon Tersimpan pada Lahan Mangrove dan Tambak Di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh". *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*. Vol. 4. No. 1.
- Firman. (2007). *Analisis Literasi Sains Berdasarkan Hasil PISA Nasional Tahun 2006*. Jakarta: Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Depdiknas.

- Fithria. (2011). *Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Pada Berbagai Sistem Penutupan Lahan di Sub-Sub DAS Amandit. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Sub-Sub DAS Amandit*. Kalimantan Selatan: Word Agroforestry Centre.
- Senoaji, Gunggung. (2016). “Peranan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Bengkulu dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon”. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 23. No. 3.
- Hairiah. (2007). *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: University of Brawijaya.
- Sunarto, Hardjosuwarn. (1990). *Dasar-Dasar Ekologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM.
- Hasil Pengukuran di atas peta skala 1 : 8.000.
- Hilmi. (2007). “Model Pendugaan Biomassa Flora Bakau di Kabupaten Indragiri Hilir Riau”. *Jurnal Biosfera*. Vol. 23. No. 2.
- Hilmi. (2003). *Model Pendugaan Kandungan Karbon pada Pohon Kelompok Jenis Rhizophora sp dan Brugueiera sp dalam Tegakan Hutan Mangrove*. Bogor: Disertasi Institut Pertanian, 2003.
- Artaya, I Putu. (2012). *Modul Statistik*.
- Indriyanto. (2006). *Ekologi Tumbuhan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Khairijon. (2013). *Profil Biomassa dan Kerapatan Vegetasi Tegakan Hutan Mangrove di Marine Station Kecamatan Dumai 50 Barat Riau*. Bandar Lampung: Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Kushartono. (2009). “Beberapa aspek bio-fisik kimia tanah di daerah mangrove Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang Universitas Diponegoro”. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 14. No. 2.
- Kusmana C, Istomo. (2011). *Pengenalan Jenis-Jenis Mangrove*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lodhiyal. (2003). *Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in central Himalaya*. India: Ecol. Manage.
- M. Quraish Shihab. (2002). *Tafsir Al- Misbah*. Vol. 12. Jakarta: Lentera Hati.
- Murdiyarso. (2004). *Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forest and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Program dan Wildlife Habitat Canada: Bogor.

- Hidayat, Muslich. (2009). *Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan*, (Banda Aceh: UIN Ar-Raniry.
- Musyarofah. (2006). *Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Sains*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sudjana, Nana. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Noor. (2006). “Deskripsi Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove Di Hutan Mangrove Riau”. *Jurnal Kehutanan*. Vol. 3. No. 2.
- Suswanto, Rasidi. (2004). *Ekologi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Retnowati. (1998). *Kontribusi Hutan Tanaman Eucaliptus grandis Maiden sebagai Rosot Karbon di Tapanuli Utara*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, 1998.
- Mayuftia, Rimty. (2013). “Tingkat Kerusakan Dan Karbon Mangrove dengan Pendekatan Data Satelit Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Di Desa Sidodadi Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung”. *Jurnal Management Of Aquatic Resources*. Vol. 2. No. 4.
- Purwanto, Ris Hadi. (2012). “Potensi Biomasa dan Simpanan Karbon Jenis-Jenis Tanaman Berkayu di Hutan Rakyat Desa Nglanggeran, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta”. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. Vol. 6. No.2.
- Simpson. (2006). *Plant Systematics*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Singh. (1999). *Plant Systematics*. New Hampshire: Science Publisher.
- Safinah, Siti Yuni. (2013). “Penerapan Modul Praktikum Berbasis Produk Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) Siswa di Kelas X SMA Negeri Lemahabang Cirebon”. *Jurnal Scientia Education*. Vol. 2. Edisi. 2.
- Sudarmadji. (2004). “Deskripsi Jenis-Jenis Anggota Suku Rhizophoraceae Di Hutan Mangrove Taman Nasional Baluran Jawa Timur”. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 5. No. 2.
- Sugiono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta, 2010.
- Suhendang. (2002). *Pengantar Ilmu Kehutanan Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Sutaryo. (2009). *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Heddy, Suwasono. (2001). *Ekofisiologi Tanaman*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Tampubolon. (2011). *Potensi Penyerapan Karbon Dalam Mendukung Adaptasi Perubahan Iklim Di Hutan Marga Kecamatan Belalau Dan Batu Ketulis 52 Kabupaten Lampung Barat*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Rosalia, Tini. (2016). “Pengembangan Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan Berbasis Literasi Sains. *Jurnal Pendidikan Biologi*. Vol. 6. No. 1.
- Lestari, Tyas Ayu. (2016). “Persamaan Allometrik Biomassa dan Massa Karbon *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Studi Kasus Cagar Alam Pulau Dua Banten”. *Jurnal Silvikultur Tropika*. Vol. 7. No. 2.
- Whittaker. (1975). *Methods of assessing terrestrial productivity*. New York: Springer-Verlag.
- Wibisono, Sualia. (2008). Final Report: *Pembelajaran “Green Coast Project” di Propinsi NAD dan Nias, periode 2005-2008*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme (WIIP).
- Yuliadi. (2008). “Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat”. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 9. No. 4.
- Noor, Yus Rusila. (1999). *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*, Cetakan ulang ke-3, Ditjen PHKA dan Wetland International.
- Zulfirman. (2010). *Biologi Sebagai Penunjang Pendidikan*. Mataram: STMIK Bumigors.
1. <http://aluenaga-gp.bandaacehkota.go.id/sejarah>

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY
Nomor : B-2190/ Un.08/FTK/KP.07.6/02/2018

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 Kepala 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 22 Februari 2018.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :
PERTAMA : Menunjuk Saudara:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Muslich Hidayat, M. Si | Sebagai Pembimbing Pertama |
| 2. Eriawati, M. Pd | Sebagai Pembimbing Kedua |

Untuk membimbing Skripsi :

Nama : **Devi Andria Sarah**
NIM : **140207044**
Program Studi : **Pendidikan Biologi**
Judul Skripsi : **Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata*) Menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan**

KEDUA : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2018;

KETIGA : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Ganjil Tahun Akademik 2018/2019;

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 : 22 Februari 2018
An. Rektor
Dekan,


Mujiburrahman

Tembusan

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



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

Jl. Syeikh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telp: (0651) 7551423 - Fax: (0651) 7553020 Situs : www.tarbiyah.ar-raniry.ac.id

Nomor : B- 9255 /Un.08/FTK.I/ TL.00/09/2018

18 September 2018

Lamp : -

Hal : Mohon Izin Untuk Mengumpul Data
Menyusun Skripsi

Kepada Yth.

Di -

Tempat

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dengan ini memohon kiranya saudara memberi izin dan bantuan kepada:

N a m a : Devi Andrian Sarah
N I M : 140 207 044
Prodi / Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : IX
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam.
A l a m a t : Jl. Blang Bintang Lama Lr. Sejahtera Tungkop Darussalam Kab. Aceh Besar

Untuk mengumpulkan data pada:

Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh

Dalam rangka menyusun Skripsi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry yang berjudul:

Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* Bl.) Menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Pratikum Ekologi Tumbuhan

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan keizinan serta kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

An. Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akademik,
dan Kelembagaan,



Mustafa

Kode: 8735



**PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH
KECAMATAN SYIAH KUALA
KEUCHIK GAMPONG ALUE NAGA**

Alamat : Jln.Syekh Abdurrauf – Kode Pos 23113 – Banda Aceh

Nomor : 414.4/261/2018
Lamp : -
Perihal : Izin Penelitian

Banda Aceh, 21 September 2018

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Di-
Tempat

Sehubungan Dengan surat dari Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar Raniry Darussalam Banda Aceh Nomor: B-9255/Un.08/FTK.I/TL.00/09/2018 Pada tanggal 18 September 2018, perihal permohonan Izin Untuk Mengumpulkan Data Menyusun Skripsi, dengan ini kami sampaikan Nama Mahasiswa (i) tersebut :

Nama : Devi Andria Sarah
Nim : 140207044
Program Studi : Pendidikan Biologi
Alamat : J.L.Blang Bintang Lama Lr.Sejahtera Tumgkop Darussalam
Kab.Aceh Besar

Memberikan Izin Untuk Mengumpulkan Data Menyusun Skripsi, di wilayah kerja Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh, dengan Judul " **Estimasi Biomassa Karbon Pada Tumbuhan Bakau Merah (Rhizophora Apiculata) Menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan**".

Demikian surat ini kami sampaikan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Keuchik Gampong Alue Naga





**LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id



11 Desember 2018

Nomor : B-89/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/12/2018
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 : **Devi Andria Sarah**
NIM : 140207044
Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN
Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat : Jl. Blang Bintang Lama, Desa Tungkop Kec. Darussalam – Aceh Besar

Benar yang nama yang tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul ***"Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (Rhizophora apiculata BL.) menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Praktikum 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.

AR - RANIRY

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


Mulyadi



**LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

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



12 Desember 2018

Nomor : B-88/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/12/2018
Sifat : Biasa
Lamp : 1 Eks
Hal : *Surat Telah Mengembalikan Alat
Laboratorium*

Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas

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

Nama : **Devi Andria Sarah**
NIM : 140207044
Prodi : Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Banda Aceh
Alamat : Desa Tungkop Kec. Darussalam – Aceh Besar
No. HP : 082214900945

Benar nama yang tersebut diatas telah meminjam alat di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh untuk melakukan penelitian dengan judul ***“Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata* BL.) menggunakan Model Persamaan Allometrik di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan”***. Dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan dengan laboratorium Pendidikan Biologi. *Daftar peminjaman alat laboratorium terlampir.*

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

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


Mulyadi

Dok. Lab PBL



**LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

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



Lampiran :

Daftar Peminjaman Alat di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

NO	Nama Alat	Jumlah
1	pH Meter	1
2	Refractometer	1
3	Termometer	1
4	GPS	1
5	Secchi Disk	1
6	Mteran Tanah	1

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


Mulyadi

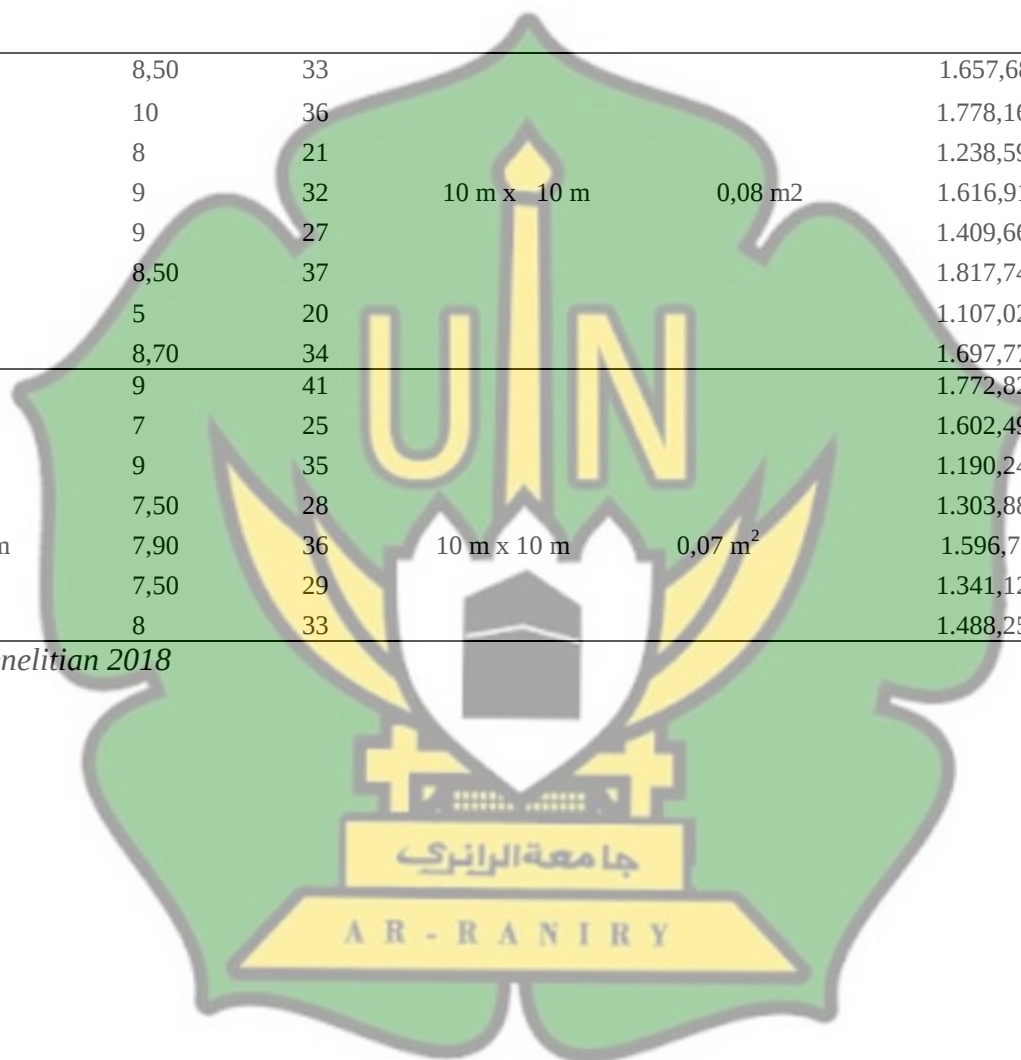
Lampiran 5

Tabel Biomassa Karbon Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun I (Dekat Sungai)

No.	Kuadrat	Tinggi Total (m)	DBH (cm)	Luas Plot (m ²)	Kerapatan Pohon	Biomassa (kg/m ²)	Biomass (ton/ha)	Karbon (g/cm ²)	Karbon (ton/ha)
1.	0 m	8	35,5	10 m x 10 m	0,2 m ²	1.308,41	1,308	65,42	0,654
2.		7	32			1.571,48	1,571	78,574	0,785
3.		7	27,5			1.391,101	1,391	69,555	0,695
4.		7,5	28			1.411,557	1,411	70,577	0,705
5.		6,5	21			1.119,104	1,119	55,955	0,559
6.		7,80	23			1.204,278	1,204	60,213	0,602
7.		7,50	24			1.246,134	1,246	62,306	0,623
8.		5	21			1.119,104	1,119	55,955	0,559
9.		5,50	26			1.329,558	1,329	66,477	0,664
10.		5,20	20			1.076,124	1,076	53,806	0,530
11.		8	25			1.396,260	1,396	69,813	0,698
12.		8,20	27			1.370,271	1,370	68,513	0,685
13.		8	17			2.032,679	2,032	101,633	1,016
14.		9	31			1.532,196	1,532	76,609	0,766
15.		8,50	22			1.161,601	1,161	58,08	0,580
16.		7,90	25			1.287,696	1,287	64,384	0,643
17.		8	21			1.119,104	1,119	55,955	0,559
18.		7,50	17			2.032,679	2,032	101,633	1,016
19.		6	25			1.287,696	1,287	64,784	0,647
20.		5,50	26			1.368,298	1,368	68,414	0,684

21.		8,50	33			1.657,68	1,657	82,884	0,828
22.		10	36			1.778,164	1,778	88,908	0,889
23.		8	21			1.238,591	1,238	61,929	0,619
24.	50 m	9	32	10 m x 10 m	0,08 m ²	1.616,915	1,616	80,845	0,808
25.		9	27			1.409,662	1,409	70,483	0,704
26.		8,50	37			1.817,741	1,817	90,887	0,908
27.		5	20			1.107,026	1,107	55,351	0,553
28.		8,70	34			1.697,779	1,697	84,888	0,848
29.		9	41			1.772,828	1,772	88,641	0,886
30.		7	25			1.602,494	1,602	80,124	0,801
31.		9	35			1.190,240	1,190	59,512	0,595
32.		7,50	28			1.303,886	1,303	65,194	0,651
33.	100 m	7,90	36	10 m x 10 m	0,07 m ²	1.596,780	1,596	79,839	0,798
34.		7,50	29			1.341,124	1,341	67,056	0,670
35.		8	33			1.488,256	1,488	74,412	0,744

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

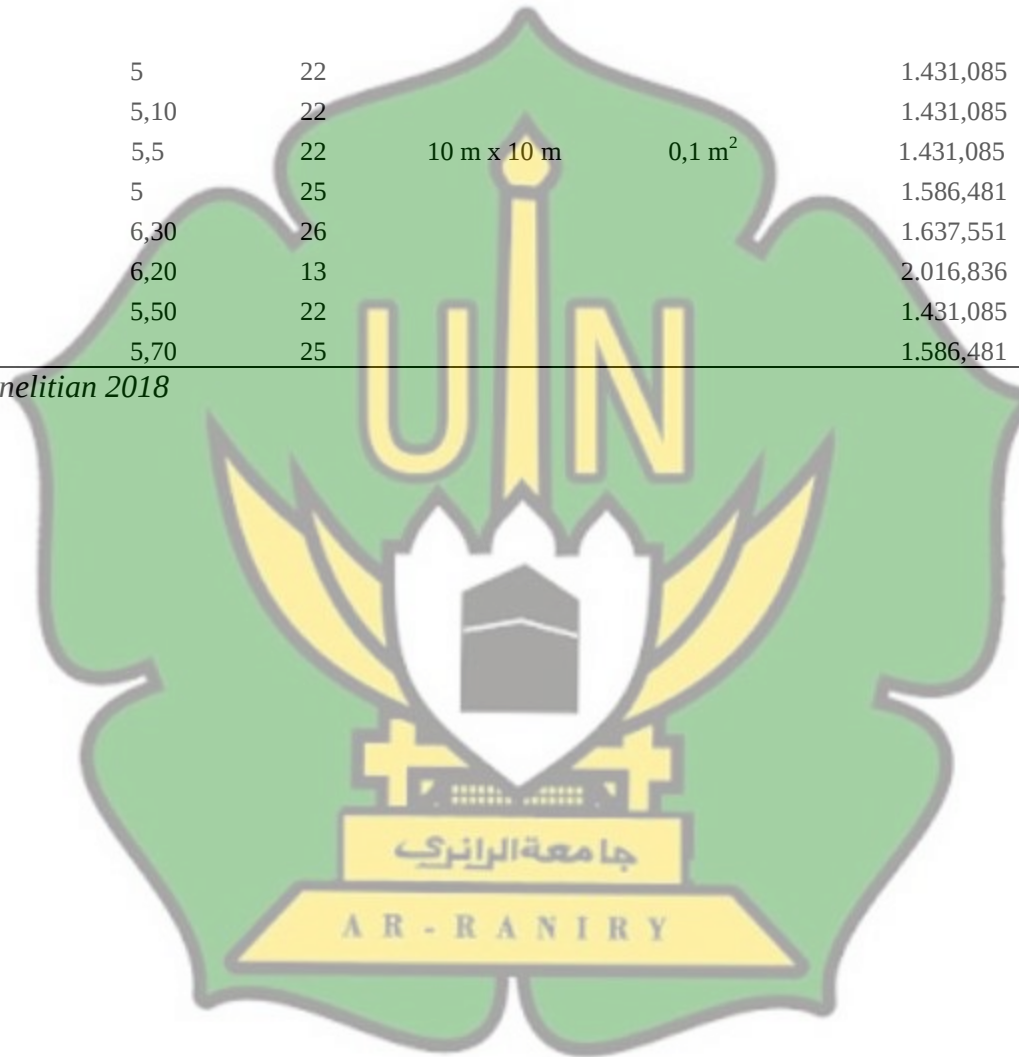


Tabel Biomassa Karbon Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun II (Dekat Pemukiman)

No.	Kuadrat	Tinggi Total (m)	DBH (cm)	Luas Plor	Kerapatan Pohon	Biomassa (kg/m ²)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (g/cm ²)	Karbon (ton/ha)
1.	0 m	7	25,5	10 m x 10 m	0,12 m ²	1.867,144	1,867	93,357	0,933
2.		7	31,5			1.028,436	1,028	51,421	0,514
3.		8	25,5			1.867,144	1,867	93,357	0,933
4.		7,50	26,5			1.926,105	1,926	96,305	0,963
5.		7	22,2			1.669,537	1,669	83,476	0,834
6.		5,50	15			1.216,891	1,216	60,844	0,608
7.		9	33,3			1.075,389	1,075	53,769	0,537
8.		8	19,5			1.503,759	1,503	75,187	0,751
9.		5,50	23			1.718,305	1,718	85,915	0,859
10.		6	30,5			1.000,998	1,0009	50,094	0,500
11.		6,20	23,5			1.747,954	1,747	87,397	0,873
12.		6	23			1.718,305	1,718	85,915	0,859
21.	50 m	7,30	29	10 m x 10 m	0,1 m ²	1.787,859	1,787	89,392	0,893
22.		5,50	23			1.482,946	1,482	74,147	0,741
23.		5	28			1.735,636	1,735	86,781	0,867
24.		5,30	25			1.586,481	1,586	79,324	0,793
25.		5,10	22			1.430,385	1,430	71,519	0,715
26.		5,15	28			1.738,079	1,738	86,903	0,869
27.		6,40	28			1.738,079	1,738	86,903	0,869
28.		6,15	22			1.431,085	1,431	71,554	0,715
29.		6,10	27			1.687,851	1,687	84,392	0,843
30.		6	19			1.271,207	1,271	63,56	0,635
29.		5,50	26			1.637,551	1,637	81,877	0,818
30.		5,30	26			1.637,551	1,637	81,877	0,818

31.		5	22			1.431,085	1,431	71,554	0,715
32.		5,10	22			1.431,085	1,431	71,554	0,715
33.	100 m	5,5	22	10 m x 10 m	0,1 m ²	1.431,085	1,431	71,554	0,715
34.		5	25			1.586,481	1,586	79,324	0,796
35.		6,30	26			1.637,551	1,637	81,877	0,818
36.		6,20	13			2.016,836	2,016	100,836	1,008
37.		5,50	22			1.431,085	1,431	71,554	0,715
38.		5,70	25			1.586,481	1,586	79,324	0,793

Sumber Data: Hasil Penelitian 2018

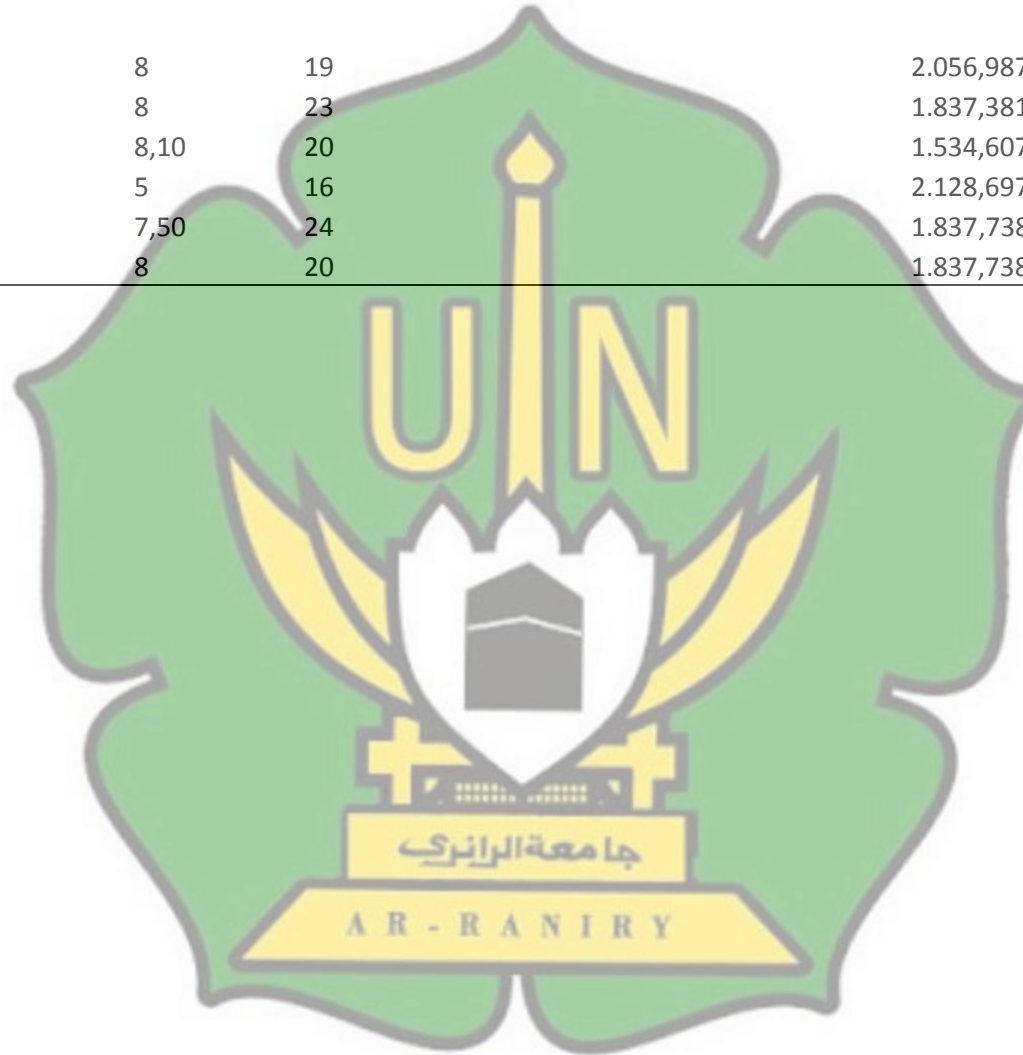


Tabel Biomassa Karbon Tumbuhan *Rhizophora apiculata* Bl. Yang Di Data Pada Stasiun III (Dekat Laut)

No.	Kuadrat	Tinggi Total (m)	DBH (cm)	Luas Plot	Kerapatan	Biomassa (kg/m ²)	Biomassa (ton/ha)	Ksrbon (g/cm ²)	Karbon (ton/ha)
1.	0 m	8	27	10 m x 10 m	0,22 m ²	1.480,127	1,480	74,006	0,740
2.		7,20	27,5			1.501,995	1,501	75,099	0,750
3.		5	14			1.877,058	1,877	93,852	0,938
4.		7,50	25			1.391,101	1,391	69,555	0,695
5.		7,40	23,5			1.322,857	1,322	66,142	0,661
6.		7	24			1.345,856	1,345	67,292	0,672
7.		10	38			1.949,473	1,949	97,473	0,974
8.		10	34			1.782,115	1,782	89,105	0,891
9.		9	30			1.611,175	1,611	80,558	0,805
10.		8,50	30,5			1.632,645	1,632	81,632	0,816
11.		11	45			1.037,209	1,037	51,86	0,518
12.		10,50	23			1.300,591	1,300	65,029	0,650
13.		8	24			1.345,856	1,345	67,292	0,672
14.		6	20			1.161,601	1,161	58,08	0,580
15.		5	17			1.790,742	1,790	89,537	0,895
16.		5	16			2.090,409	2,090	104,52	1,045
17.		5	12			1.657,683	1,657	82,884	0,828
18.		5	16			2.090,409	2,090	104,52	1,045
19.		5,10	18			1.066,783	1,066	53,339	0,533
20.		5,20	19			1.115,229	1,115	55,761	0,557
21.		6,30	21			1.208,361	1,208	60,418	0,604
22.		5,30	14			1.877,058	1,877	93,852	0,938
23.		8,50	29			1.392,986	1,392	64,649	0,696
24.		8,30	25			1.235,910	1,235	61,795	0,617

25.		8	21		1.073,848	1,073	53,792	0,537
26.		5	19		2.133,626	2,133	106,681	1,066
27.		5	16		1.857,598	1,857	92,879	0,928
28.		5,10	18		2.042,446	2,042	204,244	1,021
29.		5	19		2.133,626	2,133	106,681	1,066
30.		5	14		1.667,625	1,667	83,381	0,833
31.		7	19		2.133,626	2,133	106,681	1,066
32.		7	20		1.031,924	1,031	51,596	0,515
33.		6	16		1.857,598	1,857	92,879	0,928
34.		6	19		2.133,626	2,133	106,681	1,066
35.		7,20	25		1.235,910	1,235	61,795	0,617
36.		6,20	20		1.031,924	1,031	51,596	0,515
37.	50 m	6,40	21	10 m x10 m 0,19 m ²	1.073,848	1,073	53,692	0,536
38.		6	19		2.039,673	2,039	101,983	1,019
39.		5	18		2.042,446	2,042	102,122	1,021
40.		5	19		2.039,673	2,039	101,848	1,018
41.		5,10	19		2.039,673	2,039	101,848	1,018
42.		6,50	16		1.534,607	1,534	76,73	0,767
43.		5	13		1.298,693	1,298	64,934	0,649
44.		7	14		1.378,292	1,378	68,914	0,689
45.		6,10	17,2		1.627,362	1,627	81,368	0,813
46.		6	17		1.611,859	1,611	80,592	0,805
47.		6	15		1.457,115	1,457	72,855	0,728
48.		6	17		1.611,859	1,611	80,592	0,805
49.		7,50	20		1.837,381	1,837	91,869	0,918
50.	100 m	8	20	10 m x 10 m 0,15 m ²	1.763,437	1,837	91,869	0,918

51.	8	19	2.056,987	1,763	88,171	0,881
52.	8	23	1.837,381	2,056	102,849	1,028
53.	8,10	20	1.534,607	1,837	91,869	0,918
54.	5	16	2.128,697	1,534	76,73	0,767
55,	7,50	24	1.837,738	2,128	106,434	1,064
56.	8	20	1.837,738	1,837	91,869	0,918



Lembar angket

Angket penelitian ini disusun sebagai instrument penelitian skripsi sebagai syarat memperoleh gelas Sarjana Pendidikan Biologi FTK, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Nama Devi Andria Sarah / 140207044, yang berjudul **“Estimasi Biomassa Karbon pada Tumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora apiculata*) Menggunakan Model Persamaan Allometrik Di Kawasan Gampong Alue Naga Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Ekologi Tumbuhan”**.

A. Petunjuk Angket

- a. Angket ini diedarkan kepada Mahasiswa/ Mahasiswi dengan maksud untuk mendapatkan informasi mengenai hasil output berupa modul praktikum dalam mata kuliah Ekologi Tumbuhan.
- b. Mohon bantuan dan kesediaan untuk menjawab seluruh pernyataan yang ada sesuai dengan kondisi yang dialami dengan memilih salah satu dari alternatif jawaban yang tersedia.
- c. Kesediaan Mahasiswa/ Mahasiswi dalam mengisi angket ini merupakan sumbangan berarti bagi peneliti.
- d. Beri tanda (✓) pada alternatif jawaban yang paling sesuai menurut anda.

B. Identitas Responden

1. Nama Lengkap :
2. NIM :
3. Jenis Pendidikan : S1
4. Perguruan Tinggi : UIN Ar-Raniry
5. Fakultas/ Jurusan : Tarbiyah/ Pendidikan Biologi
6. Pekerjaan : Mahasiswa

Mahasiswa/ i

NIM.

Daftar Pernyataan

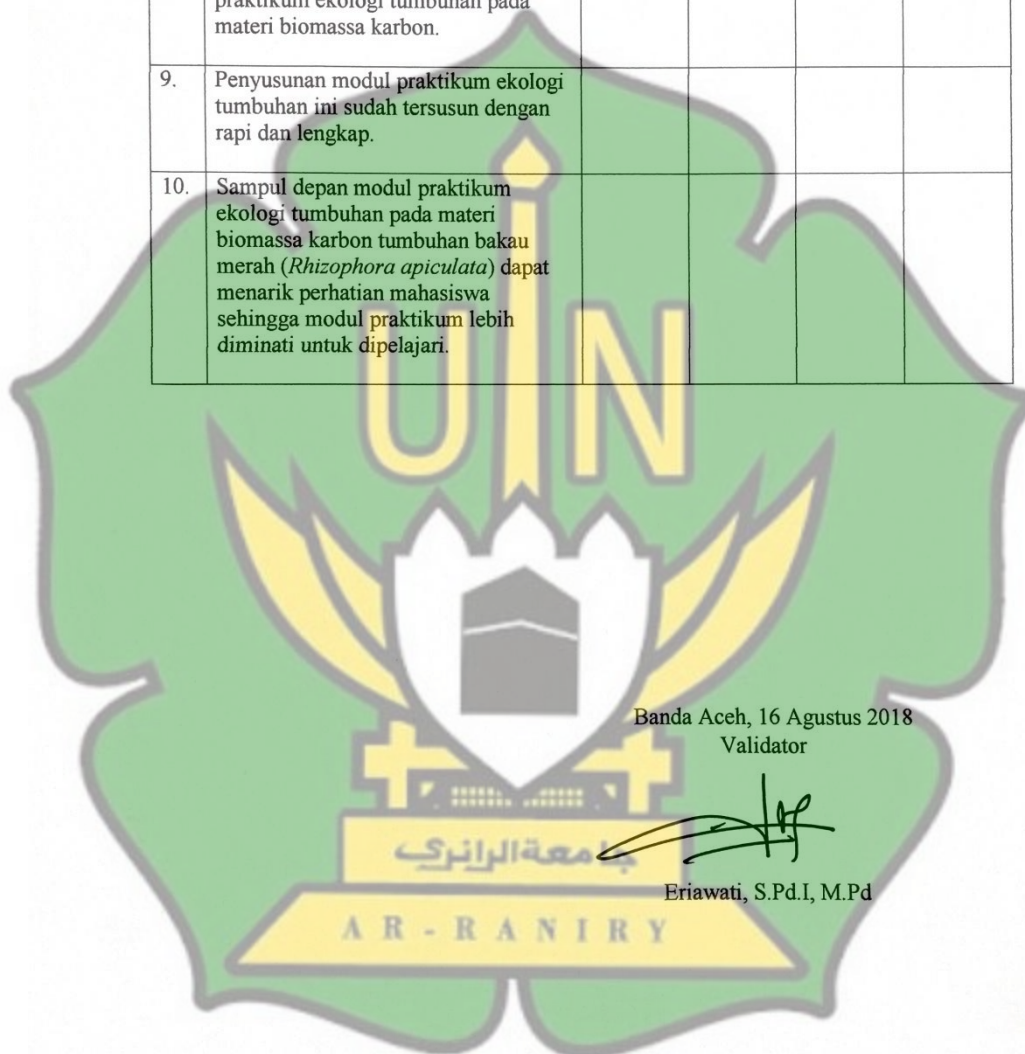
Pelaksanaan Praktikum Ekologi Tumbuhan.

No.	Pernyataan	Sangat setuju	Setuju	Tidak setuju	Sangat Tidak setuju
1.	Modul praktikum ekologi tumbuhan ini dapat dijadikan penuntun dalam praktikum ekologi tumbuhan pada materi biomassa karbon tumbuhan bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>)				
2.	Modul praktikum ini dapat membantu mahasiswa/i dalam pelaksanaan praktikum ekologi tumbuhan.				
3.	Modul praktikum ekologi tumbuhan ini sesuai dengan materi yang di praktikumkan dalam mata kuliah ekologi tumbuhan khususnya tentang bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>)				
4.	Modul praktikum ekologi tumbuhan menyajikan dasar teori khususnya tentang bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>) sebagai pemahaman awal untuk mahasiswa/i				
5.	Modul praktikum ekologi tumbuhan pada materi bakau merah dilengkapi dengan gambar tumbuhan bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>) sebagai salah satu contoh tumbuhan penghasil biomassa karbon .				
6.	Bahasa yang digunakan dalam modul praktikum ekologi tumbuhan ini dapat dipahami oleh mahasiswa/i				
7.	Modul praktikum ekologi tumbuhan dengan materi biomassa karbon bakau				

	merah (<i>Rhizophora apiculata</i>) memiliki cara kerja yang mudah dipahami oleh mahasiswa/i				
8.	Terdapat klasifikasi serta deskripsi dari tumbuhan bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>) dalam modul praktikum ekologi tumbuhan pada materi biomassa karbon.				
9.	Penyusunan modul praktikum ekologi tumbuhan ini sudah tersusun dengan rapi dan lengkap.				
10.	Sampul depan modul praktikum ekologi tumbuhan pada materi biomassa karbon tumbuhan bakau merah (<i>Rhizophora apiculata</i>) dapat menarik perhatian mahasiswa sehingga modul praktikum lebih diminati untuk dipelajari.				

Banda Aceh, 16 Agustus 2018
Validator


Eriawati, S.Pd.I, M.Pd



1. Foto Penelitian di Hutan bakau Gampong Alue Naga







2. Foto Saat pengambilan hasil tes angket pada Mahasiswa Pendidikan Biologi



BIODATA PENULIS

I. Identitas Diri

Nama : Devi Andria Sarah
NIM : 140207044
Fakultas/Jurusan : Tarbiyah dan Keguruan/ Pendidikan Biologi
Tempat/Tgl Lahir : Aceh Besar/ 02 September 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat : Jl. Blang Bintang Lama, Desa Tungkop, Aceh Besar
Telepon/Hp : 0822 1490 0945
E_Mail : deviandriasarah996@gmail.com

II. Riwayat Pendidikan

– TK : TK FKIP Darussalam, tamat tahun: 2002
– SD/MI : SDN 69 Darussalam, tamat tahun 2008
– SMP/MTsN : MTsN Model Banda Aceh, tamat tahun 2011
– SMA/MAN : SMAN 8 Banda Aceh, tamat tahun 2014
– Universitas : UIN Ar-Raniry sampai dengan sekarang

III. Nama Orang Tua

Ayah : Sya'ban
Ibu : Rastini
Pekerjaan Ayah : PNS
Pekerjaan Ibu : IRT
Alamat : Desa Tungkop, Kec. Darussalam, Kab. Aceh Besar

Banda Aceh, 28 Desember 2018
Yang Menyatakan

Devi Andria Sarah
140207140