

Pengaruh Karakteristik Habitat terhadap Struktur Vegetasi Mangrove di Desa Pasar Rawa: Studi dengan *Generalized Linear Model*

Ratna Sari^{1*}, Aulia Putra Daulay¹

¹ Department of Forest Management, Faculty of Agriculture and Forestry, Universitas Satya Terra Bhinneka, Medan, Indonesia

Corresponding Author: ratnasari@satyaterabhinneka.ac.id

ABSTRAK

Rehabilitasi merupakan kegiatan perbaikan ekosistem mangrove yang sudah dilakukan oleh kelompok hutan di Desa Pasar Rawa dan saat ini sudah mempengaruhi kondisi vegetasi setelah dilakukan rehabilitasi dan menyebabkan perubahan pada habitatnya. Oleh sebab itu, hubungan antara keduanya perlu diketahui untuk memberikan informasi kepada pengelola dalam mengelola ekosistem mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh karakteristik habitat terhadap struktur vegetasi dengan perbedaan tahun tanam yang telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode *Transect line plot* dengan masing-masing petak ukur 5m X 5m dengan jumlah petak ukur 126 PU. Data yang diambil berupa kerapatan dan tinggi vegetasi untuk data vegetasi sedangkan untuk karakteristik habitat menggunakan data kedalaman lumpur, salinitas, pH, DO dan plankton. Analisis data yang digunakan berupa analisis korelasi dan metode *Backward elimination* untuk menganalisis karakteristik habitat terhadap tinggi dan kerapatan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan kerapatan pohon pada masing-masing tahun tanam berturut-turut adalah 3560 ind/ha, 3028 ind/ha dan 4410 ind/ha. Hasil analisis GLM menunjukkan bahwa ketebalan lumpur dan oksigen terlarut merupakan faktor yang mempengaruhi kerapatan. Sedangkan faktor habitat yang mempengaruhi tinggi adalah ketebalan lumpur, pH dan DO. Ketebalan lumpur dan DO merupakan faktor yang mempengaruhi kerapatan. Selanjutnya, faktor habitat yang mempengaruhi tinggi pada tahun tanam 2020 adalah ketebalan lumpur, pH dan DO sedangkan pada lokasi penanaman tahun 2018 dan 2019 tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman.

INFORMASI ARTIKEL

Keywords:
Struktur Vegetasi, Habitat,
Mangrove, Analisis Regresi,
Rehabilitasi

1. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan habitat pesisir yang sangat berharga karena memberikan jasa ekosistem mulai dari tempat pemijahan ikan, penjernihan air, perlindungan pantai bahkan wisata alam. Masyarakat pesisir juga memanfaatkan vegetasi mangrove untuk berbagai keperluan seperti bahan bangunan, kayu bakar, dan obat tradisional. Ekosistem mangrove juga dapat dimanfaatkan sebagai ekowisata dan silvofishery yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat pesisir (Okello *et al.*, 2019).

Berdasarkan Basyuni *et al.*, (2018), Banyak kerusakan hutan mangrove yang diakibatkan oleh konversi hutan mangrove menjadi tambak dan perkebunan. Rusaknya kawasan ekosistem mangrove akan berdampak pada kehidupan masyarakat yang sumber pendapatannya mayoritas dari keberadaan mangrove. Kerusakan mangrove yang sangat besar membuat banyak pihak mulai melakukan kegiatan rehabilitasi mangrove untuk memulihkan kembali ekosistem.

Rehabilitasi yang telah dilakukan akan membentuk struktur vegetasi dan perubahan pada karakteristik habitatnya. Oleh sebab itu pengaruh karakteristik habitat terhadap struktur vegetasi perlu diketahui sebagai sumber informasi terhadap kegiatan rehabilitasi yang telah dilakukan. Data-data tersebut sangat dibutuhkan dalam rangka menyusun rencana pengelolaan dan pemanfaatan kawasan sehingga fungsi ekosistem mangrove tidak berubah dan dapat dimanfaatkan secara maksimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Struktur Vegetasi

Tingginya ketersediaan hara (karbon dan nitrogen) dan sifat lumpur tanah sering dikaitkan dengan tingginya kerapatan mangrove. Kerapatan vegetasi menggambarkan kerapatan tajuk suatu kawasan hutan. (Immaculata Dwi Sulistyana *et al.*, 2017), semakin baik kondisi hutan maka penutupan tajuk hutan semakin rapat dan terbentuk iklim mikro di dalamnya. Spesies tumbuhan yang hidup dalam ekosistem hutan mangrove merupakan spesies tumbuhan yang memiliki adaptasi yang tinggi terhadap salinitas payau (*estuarin*), yaitu perkiraan dengan kadar garam/salinitas antara 0,5 ‰ dan 30 ‰ (Farhaby *et al.*, 2023).

Merujuk pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 bahwa kriteria baku mutu kerapatan mangrove, kerapatan padat ≥ 1.500 ind/Ha, sedang $\geq 1.000 - 1.500$ ind/Ha dan jarang < 1.000 ind/Ha. Kerapatan jenis mangrove yang tinggi menunjukkan bahwa pada kawasan tersebut terdapat banyak tegakan pohon yang tumbuh (Usman *et al.*, 2013).

2.2 Karakteristik Habitat

Dalam pembentukan ekosistem mangrove ketebalan lumpur memiliki peranan penting karena lumpur sebagai tempat berpijak bagi vegetasi mangrove. Menurut Matatula (2019), kategori lumpur dikatakan tebal apabila memiliki nilai lebih dari 40 cm dan (Matatula, 2019) memprediksikan tingkat kandungan bahan organik dan unsur hara dalam substrat sejalan dengan tingkat ketebalan lumpur. Ketersediaan bahan organik dapat dilihat dari nilai ketebalan lumpur dimana tekstur tanah yang terbentuk dipengaruhi oleh keberadaan vegetasi di atasnya. Hal ini disebabkan adanya

dekomposisi serasah yang ikut menentukan kelas tekstur dan akar mangrove yang mengikat partikel debu dan liat sehingga terjadi pengendapan dan pelumpuran (Hilmi et al., 2021).

Salinitas mempengaruhi komposisi dan distribusi spesies mangrove karena setiap spesies memiliki kemampuan bertahan terhadap kondisi salinitas yang berbeda. Menurut (Daulay et al., 2023) salinitas mangrove berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan zonasi hutan mangrove. Mayoritas spesies mangrove tumbuh paling baik pada salinitas 25 ppt, meskipun terlihat ada perbedaan dalam kemampuan spesies untuk beradaptasi dengan salinitas yang sangat tinggi pH perairan yang optimal sebagai habitat mangrove berkisar antara 7 - 8,5. pH air berkaitan dengan aktivitas dekomposer. Proses biokimia perairan seperti proses nitrifikasi sangat dipengaruhi oleh nilai pH. Pada (Susiana, 2015) proses dekomposisi bahan organik terjadi cenderung lebih tinggi pada kawasan dengan pH basa dibandingkan dengan pada pH normal cenderung asam.

Salah satu indikator penting dalam kelangsungan hidup organisme adalah Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*). Berdasarkan Sulistyorini *et al.* (2017) bahwa kandungan DO diteluk Lombok berada pada kisaran normal yang layak untuk mendukung kehidupan organisme karena bernilai 7 mg/L. Hal ini juga diperkuat dengan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 bahwa syarat DO untuk kehidupan biota laut adalah diatas 5.

Plankton yang terdiri dari fitoplankton dan zooplankton merupakan organisme air yang berukuran mikroskopis dan hidupnya melayang mengikuti arus. Pencemaran lingkungan dapat

mengganggu keanekaragaman dan kelimpahan jenis plankton di dalam suatu perairan seperti pada sungai Krueng Daroy yang mengalami pencemaran dari aktifitas penduduk disekitar sungai sehingga memiliki keanekaragaman sedang (Zai *et al.*, 2019). Jenis-jenis fitoplankton dalam kelas Dinophyceae yang hadir dalam kepadatan tinggi akibat pengkayaan nutrient diperairan berdampak negatif terhadap perairan karena dapat menyebabkan deplesi oksigen yang dapat menyebabkan kematian biota lain (Sulistiowati *et al.*, 2016).

3. METODE, DATA, DAN ANALISIS

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan hutan Mangrove yang dikelola oleh Lembaga Pengelolaan Hutan Desa (LPHD) Pasar Rawa yang terletak di Kecamatan Gebang Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih karena kawasan ini merupakan kawasan mangrove yang merupakan salah satu kawasan prioritas rehabilitasi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret – Juni 2021. Pengambilan data karakteristik lingkungan dilakukan saat surut air laut pada pagi hari. Data karakteristik habitat berupa salinitas, pH, ketebalan lumpur, DO dan plankton di berbagai tahun tanam di kawasan mangrove Desa Pasar Rawa.

3.2 Pengambilan Data Struktur Vegetasi

Metode yang digunakan dalam mengetahui struktur dan vegetasi melalui garis transek dengan menggunakan petak ukur secara sistematis sampling (Barbour *et. al.*, 1987). Metode garis transek merupakan metode pencuplikan suatu populasi ekosistem pada masing-masing lokasi dengan pengekatan petak contoh yang berbeda melalui garis yang ditarik melawati wilayah ekosistem tersebut

(English *et al.*, 1997) dengan menggunakan petak ukur 5m x 5m dengan jajak antar PU menyesuaikan kondisi ketebalan mangrove tersebut (Poedjirahajoe *et al.*, 2017).

Penelitian ini menggunakan kawasan hutan mangrove dengan perbedaan tahun tanam yaitu 2018 dengan luasan 15Ha, 2019 dengan luasan 28 ha, dan 2020 dengan luasan 1 ha. Kemudian menggunakan IS (*Intensitas sampling*) 0,5% pada kedua tahun tanam yaitu 2018 dan 2019 kemudian menggunakan IS 10% pada tahun 2020. Perbedaan pengambilan Intensitas Sampling ini merujuk pada luasan jenis mangrove yang ditanam pada masing-masing tahun tanam.

3.3 Pengambilan Data Karakteristik Habitat

Pengambilan data karakteristik habitat ini dilakukan pada masing-masing petak yang sebelumnya diambil dalam data vegetasi. Pengukuran ini dilakukan pada saat surut dan dilakukan pada waktu yang sama dan lokasi yang sama dengan harapannya data yang didapat tidak terjadi pembiasan yang disebabkan oleh kondisi pasang surut dan intensitas cahaya matahari.

Pengukuran kedalaman lumpur dilakukan dengan memasukkan galah ke dalam lumpur secara perlahan sampai substrat yang keras dan tidak bisa ditembus lagi dan dicatat kedalaman lumpurnya (ulfa *et. al.*, 2018). Salinitas perairan diukur dengan menggunakan *Refractometer* (English *et al.*, 1997). Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter (English *et al.*, 1997) dengan cara mencelupkan pH meter kedalam sampel air sampai pada batas yang tertera pada alat. Alat yang digunakan untuk mengukur kandungan Oksigen terlarut adalah *Dissolved oxymer* (DO meter) (English *et al.*, 1997) dengan cara mencelupkan ujung

sensoris pada air sampai sebatas tanda yang tertera pada alat. Pengambilan plankton dilakukan menggunakan alat yaitu plankton net, botol flakon dan ember takar. Ember takar digunakan untuk mengambil sampel air kemudian dilakukan penyaringan menggunakan plankton net. selanjutnya, 16 sampel air dimasukkan kedalam botol flakon yang ditetesi formalin 4% (Sulistiowati *et.al.*, 2016) sebanyak 3 tetes untuk memadatkan dan mengawetkan plankton yang tertangkap.

3.4 Analisis Data Struktur Vegetasi

Tinggi tanaman mengacu pada penelitian Sari *et al.*, (2023), sedangkan Kerapatan vegetasi merupakan jumlah individu organisme per satuan ruang. Sehingga Kerapatan vegetasi dihitung menggunakan rumus:

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Jumlah luas seluruh petak ukur}}$$

3.5 Analisis Karakteristik Habitat

Kedalaman lumpur, salinitas, DO, dan pH dihitung dengan merata-ratakan hasil pengamatan dimasing-masing lokasi penelitian. Kemudian, untuk menghitung kepadatan plankton dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kepadatan Plankton} = \frac{\text{Jumlah Plankton} \times 10^4}{\text{individu}}$$

3.6 Analisis Hubungan Struktur Vegetasi dengan Karakteristik Habitat

Generalized Linear Model (GLM) digunakan untuk mengetahui pengaruh dari variable independent terhadap variable dependent. GLM merupakan perluasan dari model regresi linear dengan asumsi predictor memiliki efek linear akan tetapi tidak mengasumsikan distribusi tertentu dari variable respon dan digunakan ketika variable respon

merupakan anggota dari keluarga eksponensial (Nelder dan Weddeburn, 1972).

model *Generalized Linear Model* dapat di modelkan sebagai berikut:

$$Y = A + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5$$

Keterangan:

Y = Struktur vegetasi mangrove

X1 = Kedalaman lumpur

X2 = Salinitas

X3 = Derajat keasaman (pH)

X4 = Oksigen terlarut (DO)

X5 = Plankton

A = Intersep

β = Koefisien regresi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kerapatan Vegetasi

Pada kawasan yang dilakukan kegiatan penanaman, terdapat tegakan tinggal yang merupakan vegetasi mangrove yang tumbuh alami di kawasan tersebut. Kerapatan dan diversitas jenis dijelaskan dalam tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. Kerapatan vegetasi pada berbagai tahun tanam

Tahun Tanam	Kerapatan (Individu/ha)
2018	3560
2019	3028
2020	4410

Sumber: Data Primer tahun 2021

Berdasarkan tabel 1 diatas, kerapatan tanaman hasil penanaman berada di atas 1000 ind/ ha. Tingginya nilai kerapatan karena jarak tanam yang digunakan cukup rapat. Selain itu penyulaman juga dilakukan

pada lokasi penanaman yang mempengaruhi tingginya nilai kerapatan pada lokasi tersebut.

Berdasarkan Tabel 1, keberhasilan jenis yang ditanam memiliki nilai diatas 80% dan itu terdapat pada masing-masing tahun tanam. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.P.105/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, penanaman di lokasi pengamatan masuk kategori berhasil. Menurut Makaruku dan Aliman (2019), hal-hal yang mempengaruhi persentase hidup pada masing-masing tanam yaitu pemeliharaan lanjutan pasca tanam berupa penyulaman bagi tanaman yang mati dan sosialisasi bersama masyarakat terkait teknis penanaman agar dilakukan secara benar. Aktivitas manusia sekitar lokasi tanam juga sangat mempengaruhi pertumbuhan dari bibit seperti kerusakan akibat aktivitas masyarakat saat melewati lokasi penanaman.

4.2. Karakteristik Habitat Mangrove

Habitat merupakan areal yang sangat berkaitan terhadap tempat hidup bagi organisme dan juga sebagai tempat bertemunya berbagai kondisi lingkungan. Dalam penelitian ini, perhitungan karakteristik habitat yang dilakukan terkait oksigen terlarut derajat keasaman, salinitas, kedalaman lumpur dan plankton. Kedalaman lumpur pada penelitian ini lebih dari 40 cm pada seluruh tahun tanam. Salinitas pada lokasi penanaman memiliki nilai antara 16 ppt sampai 20 ppt. Derajat keasaman (pH) memiliki kadar rata-rata 7,9 yang mengindikasikan pada kondisi normal. Oksigen terlarut rata-rata pada setiap tahun tanam adalah 1,7 mg/l.

Hasil pengukuran kepadatan plankton pada lokasi tahun tanam 2018 adalah 103000 ind/ha, tahun tanam 2019 sebanyak 92678 ind/ ha dan pada

tahun tanam 2020 sebanyak 72750 ind/ha. Berdasarkan penelitian Qiptiyah et al., (2018), kelimpahan plankton berbanding lurus dengan ketersediaan hara dari serasah mangrove. Rendahnya kepadatan plankton pada tahun tanam 2020 disebabkan kondisi lingkungan yang jarang terkena pasang surut air laut dan terdapat banyak genangan minyak.

Plankton yang ditemukan pada setiap tahun tanam di dominasi oleh kelas dinoflagelata dan alga. Pada tahun tanam 2018, jenis yang memiliki kelimpahan tertinggi adalah dari jenis *Protoceratium reticulatum*, *Gambierdiscus toxicus*, dan *Euglena oblonga*. Selanjutnya pada tahun tanam 2019, jenis yang memiliki kelimpahan tertinggi adalah *Protoceratium reticulatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Cochlodinium fulvescens*, dan *Ceratium linearum*. Terakhir, *Amylax triacantha*, *Ostreopsis lenticularis*, dan *Eudorina* merupakan jenis yang memiliki kelimpahan tertinggi pada lokasi penanaman tahun 2020.

4.3. Hubungan Struktur Vegetasi dengan Karakteristik Habitat

Hubungan antara struktur vegetasi hasil penanaman dengan karakteristik habitat ekosistem mangrove pada masing-masing tahun tanam di desa Pasar Rawa di analisis menggunakan analisis Generalized Linear Model (GLM) untuk melihat pengaruh karakteristik habitat terhadap struktur vegetasi. Untuk mendapatkan model terbaik, maka digunakan metode *Backward Elimination Procedure* (prosedur penghapusan mundur). Hasil perhitungan dimasukkan dalam persamaan regresi pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. *Generalized linear model* (GME) terbaik dengan *backward stepwise elimination*

Struktur vegetasi	Tahun tanam	Model regresi
Kerapatan	2018	$Y = 5253 - 373X_4$
	2019	$Y = 2777 + 5.29X_1$
	2020	$Y = 3975 + 8.3X_1$
Tinggi	2018	-
	2019	-
	2020	$Y = 0.08X_1 + 9.75X_3 + 4.7X_4 - 45.15$

Keterangan: Y = Struktur vegetasi mangrove, X1 = Kedalaman lumpur, X3 = Derajat keasaman (pH), X4 = Oksigen terlarut (DO).

Berdasarkan tabel 2, pada penanaman tahun 2018, faktor yang mempengaruhi kerapatan tanaman adalah DO. Selanjutnya, pada tahun 2019 dan tahun 2020, faktor yang mempengaruhi kerapatan vegetasi adalah ketebalan lumpur. Lumpur merupakan tempat vegetasi mangrove tumbuh. Kondisi lumpur pada lokasi penanaman juga tebal sehingga perakaran dapat tumbuh baik. Lumpur pada hutan mangrove menentukan tingkat kesuburan habitat, terutama berhubungan dengan kandungan hara. Secara umum mangrove dikatakan sangat kaya akan hara, karena merupakan perpaduan dari substrat lumpur yang berasal dari sungai dan bahan organik dari laut (Poedjirahajoe, 2006). Poedjirahajoe (2007) menyatakan bahwa bahan organik dan kandungan hara yang tersedia akan meningkat apabila substrat lumpur semakin tebal.

Kemudian, DO memiliki pengaruh terhadap kerapatan pada lokasi penanaman tahun 2018. Oksigen terlarut berperan dalam proses biologi dan kimia seperti fotosintesis, respirasi dan mineralisasi yang terdapat dalam hutan mangrove. Hampir semua aktivitas biota juga bergantung pada konsentrasi oksigen terlarut. Rendahnya DO

menyebabkan sedikitnya biota yang mampu bertahan. Hal ini tentu akan berdampak pada aktivitas dekomposer untuk menghasilkan hara yang dapat dimanfaatkan oleh mangrove untuk berkembang.

Selain kerapatan, hubungan antara tinggi vegetasi dan karakteristik habitat juga dilihat. Berdasarkan tabel 8 diatas, karakteristik habitat yang berpengaruh terhadap tinggi vegetasi adalah sebagai berikut. Pertama, pada lokasi penanaman tahun 2018 dan 2019, hasil analisis regresi menunjukkan tidak adanya variabel yang berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya karena ada faktor lain diluar variabel yang diteliti yang memiliki pengaruh terhadap tinggi atau hasil pengamatan di lapangan belum mewakili populasi.

Selanjutnya, kedalaman lumpur, pH dan DO mempengaruhi tinggi tanaman pada lokasi penanaman tahun 2020. Pertama, kedalaman lumpur sangat berperan bagi perakaran vegetasi untuk tumbuh sehingga proses penyerapan hara dapat lebih maksimal. Kedua, secara ekologis, pH berhubungan dengan aktivitas dekomposer. Aktivitas dekomposer sangat rendah dalam

perombakan bahan organik menjadi anorganik pada kondisi pH asam. Lambatnya proses tersebut sangat menghambat pertumbuhan vegetasi akibat kurangnya pasokan hara begitu juga jika kandungan kandungan DO rendah. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan nilai DO tidak memenuhi kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan vegetasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kerapatan tanaman rehabilitasi berturut-turut adalah 3560 ind/ha, 3028 ind/ha dan 4410 ind/ha. Ketebalan lumpur dan DO merupakan faktor yang mempengaruhi kerapatan. Selanjutnya, faktor habitat yang mempengaruhi tinggi pada tahun tanam 2020 adalah ketebalan lumpur, pH dan DO sedangkan pada lokasi penanaman tahun 2018 dan 2019 tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Lembaga Pengelolaan Hutan Desa (LPHD) Pasar Rawa yang telah mendukung, mendampingi dan membantu proses pengambilan data penelitian.

REFERENSI

- Daulay, A. P., Sari, R., & Girsang, S. R. M. (2023). Pemanfaatan Hutan Mangrove Untuk Silvofishery Di Desa Pasar Rawa Kecamatan Gebang Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 11(3), 688. <https://doi.org/10.26418/jhl.v11i3.71506>
- Farhaby, A. M., Henri,), Randiansyah,), Manajemen, J., Perairan, S., Pertanian, F., Biologi, D., Bangka Belitung, U., Biologi, J., & Belitung, U. B. (2023). Analisis produksi karbon serasah mangrove di hutan mangrove Desa Kurau Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Ejournal.Undip.Ac.Id*, 25(1), 2598–2370. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/bioma/article/view/52481>
- Hilmi, E., Nugroho, S., & Sudiana, E. (2021). Empang Parit as Silvofishery Model to Support Conserving Mangrove and Increasing Economic Benefit of Social Community. *Omni-Akuatika*, 17(2), 101. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2021.17.2.817>
- Immaculata Dwi Sulistyana, M. C., Budi Yuwono, S., Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jl Soemantri Brojonegoro No, R., & Lampung, B. (2017). Studi iklim mikro dan topografi

- pada habitat Parashorea Malaanonan Merr. *Neliti.Com*, 5(2), 78–87. <https://www.neliti.com/publications/482490/studi-iklim-mikro-dan-topografi-pada-habitat-parashorea-malaanonan-merr>
- Matatula, J.-. (2019). Keragaman Kondisi Salinitas Pada Lingkungan Tempat Tumbuh Mangrove di Teluk Kupang, NTT. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 425. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.425-434>
- Basyuni, M., Fitri, A., & Harahap, Z. A. (2018). Mapping and analysis land-use and land-cover changes during 1996-2016 in Lubuk Kertang mangrove forest, North Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126, 012110. DOI: 10.1088/1755-1315/126/1/012110
- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., & Pudyatmoko, S. (2019). Sebaran spasial kondisi lingkungan hutan mangrove di pesisir pantai Kota Kupang. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(2), 467–482. DOI: <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.2.467-482>
- Makaruku, A., & Aliman, R. (2019). Analisis Tingkat Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove Di Desa Piru Kecamatan Seram Barat Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(2). DOI: <https://doi.org/10.37412/jrl.v2i2.2>
- Okello, J. A., Alati, V.M., Kodikara, S., Kairo, J., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N (2019). The status of Mtwapu Creek mangroves as perceived by the local communities, *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*. 18, 67-81.
- Poedjirahajoe, E., Marsono, D., & Wardhani, F. K. (2017). Penggunaan principal component analysis dalam distribusi spasial vegetasi mangrove di Pantai Utara Pematang. *Jurnal Ilmu Kebutanan*, 11(1), 29–42. <https://doi.org/10.22146/jik.24885>
- Sari, R., Marpaung, S. S. M., Has, D.H., & Daulay, A.P. (2013). Evaluation of Planting Success and Mangrove Habitat Sustainability in Various Planting years in Pasar rawa Villge, langkat Regency. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(2): 317-322.
- Sulistiowati, B., & Budiarti, T. (2016). Mangroves Ecosystem Conservation Plan in Ujung Alang Village, Kampung Laut District, Cilacap Regency Perencanaan Konservasi Ekosistem Mangrove Desa Ujung Alang Kecamatan Kampung Laut Kabupaten Cilacap. *Journal of Tropical Silviculture*, 7(2). DOI: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.7.2.%25p>
- Sulistyorini, I. S., E. Poedjirahajoe., M. Edwin., & Imanuddin. (2017). Potensi ekosistem mangrove untuk pengembangan silvofishery di taman nasional Kutai Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*. 16(2).
- Susiana, S. (2015). Analisis kualitas air ekosistem mangrove di estuari Perancak, Bali. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 8(1), 42–49.
- Ulfa, M., Ikejima, K., Poedjirahajoe, E., Faida, L. R. W., & Harahap, M. M. (2018). Effects of mangrove rehabilitation on density of *Scylla* spp. (mud crabs) in Kuala Langsa, Aceh, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 24, 296–302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.09.005>
- Usman, L., Syamsuddin., & S. N. Hamzah. (2013). Analisis vegetasi mangrove di pulau Dudepo Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 1(1) :11-17.
- Zai, A. P., M. A. Sarong., & M. Saputri. (2019). Penetapan kualitas air berdasarkan keanekaragaman plankton di Krueng Daroy Provinsi Aceh. *Jurnal Biologi Edukasi*. 11(2) : 34-38.