

Kesesuaian Struktur Vegetasi dan Habitat Hutan Mangrove untuk Silvofishery di Pantai Utara Mojo Pemalang Jawa Tengah

Muhammad Reza Pahlevi^{1*}, Erny Poedjirahajoe¹, Frita Kusuma Wardhani¹, Ryan Adi Satria¹, dan Dimas Cahya Kurnia Saputra¹

¹Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia; e-mail: reza101194@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pembukaan hutan mangrove menjadi tambak diakibatkan oleh permintaan hasil-hasil perikanan dan hasil lainnya seperti kepiting bakau, dan udang yang semakin meningkat telah merusak ekosistem mangrove. Usaha untuk memulihkan fungsi ekosistem mangrove salah satunya melalui kegiatan rehabilitasi yang meliputi penghijauan pantai dengan menanam mangrove dan dengan memanfaatkan silvofishery. Penelitian ini bertujuan untuk (i) menganalisis faktor fisis, kimia, dan biologis habitat mangrove pada tahun tanam 2001, 2003, dan 2004 (ii) mengidentifikasi lokasi mana saja yang sesuai untuk dijadikan sebagai areal *silvofishery* pada tahun tanam 2001, 2003, dan 2004. Penelitian dilakukan dengan cara membagi kawasan rehabilitasi mangrove menjadi 3 jalur sebagai ulangan dan tegak lurus garis pantai dengan jarak antar jalur 25 m. pada setiap jalur dibagi menjadi 3 zona ke arah darat. Pada setiap zona dibuat PU ukuran 5m x 5m, sehingga total ada 36 PU. Pada setiap PU diukur suhu, DO, salinitas, pH air, ketebalan lumpur, dan kerapatan vegetasi, plankton dan nekton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada lokasi yang sesuai untuk dijadikan sebagai *silvofishery*, karena beberapa faktor yang belum mendukung pada saat itu, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan cara penelitian lebih lanjut mengenai silvofishery ini dan faktor-faktor yang belum memenuhi kriteria habitat mangrove dalam tabel kesesuaian ekologis tersebut.

Kata kunci: mangrove, *silvofishery*, kriteria habitat mangrove, ekosistem, zonasi

ABSTRACT

Land clearing of mangrove forest for embankment can be degradation forest. The embankment for fishery, called silvofishery, produces products such as fish, crustaceas, shrimp, etc. The efforts to restore the mangrove ecosystem functions were carried out through rehabilitation, including reforestation by planting mangrove coast and utilizing silvofishery system. The aims of this research are (i) to analyze the characteristics of mangrove habitat factors (salinity, temperature, pH, DO, fishes, plankton, and the thickness of the mud) by the year of 2001, 2003, and 2004 (ii) to identify where the location can be suitable for silvofishery in year of 2001, 2003, and 2004. The research was done by dividing the mangrove rehabilitation area into 3 as a remedial lane that is perpendicular to the beach line with 25 nm. Each lane is divided into three zones toward the lane on each made PU the size of 1m x 1m, so there are total 36 PU. in any PU measured temperature, do, salinity, water ph the thickness of the mud density, plankton, fishes, and vegetation. This research showed that there was no location could be used into silvofishery due to some factors can't fulfill on that category, with the result that it's necessary to improve this reasearch in a way that do next research about silvofishery and other factors that can't fulfill with the criteria of ecology in mangrove habitat factors.

Keywords: Mangrove, Silvofishery, Criteria of mangrove habitat, Ecosystem, Zonation

Citation: Pahlevi, M. R., Poedjirahajoe, E., Wardhani, F. K., Satria, R. A., dan Saputra, D. C. K. (2025). Kesesuaian Struktur Vegetasi dan Habitat Hutan Mangrove untuk Silvofishery di Pantai Utara Mojo Pemalang Jawa Tengah. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(5), 1227-1236, doi:10.14710/jil.23.5.1227-1236

1. PENDAHULUAN

Ekosistem *mangrove* merupakan ekosistem peralihan antara ekosistem darat dan laut mempunyai salinitas payau dan lahan berlumpur yang tebal. Berdasarkan letaknya tersebut, maka ekosistem *mangrove* berfungsi ganda yaitu fungsi terhadap daratan dan fungsi terhadap laut. Secara morfologi,

karakteristik yang dimiliki *mangrove* terlihat pada sistem perakaran dan buahnya. Tanah pada habitat *mangrove* sifatnya anaerobik (hampa udara) bila berada di bawah air (Poedjirahajoe, 2015).

Hutan *mangrove* adalah suatu ekosistem yang terdiri dari komunitas vegetasi pantai tropis yang dikombinasi oleh beberapa jenis pohon *mangrove*

yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut. Hutan *mangrove* merupakan salah satu ekosistem yang memiliki beragam fungsi baik dari segi ekologis, sosial ekonomi dan budaya yang sangat penting, diantaranya yaitu sebagai penyedia jasa *nutrient* bagi biota perairan, tempat pemijahan dan asuhan (*nursery ground*) berbagai macam biota sehingga bisa dimanfaatkan sebagai lahan *Silvofishery*, penahan abrasi pantai, amukan angin taufan dan tsunami, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, hutan *mangrove* juga berfungsi ekonomis yang tinggi sebagai penyedia jasa kayu, obat-obatan, alat dan teknik penangkapan ikan. Vegetasi *mangrove* juga berperan untuk menjaga keseimbangan ekosistem pantai dan pesisir. Seringkali pemanfaatan *mangrove* sangat berlebihan, dialihfungsikan sebagai tambak, dan kegiatan lain. Jika hal seperti ini terjadi maka secara ekologis akan terjadi penurunan fungsi habitat. Penurunan kualitas tersebut diakibatkan pemanfaatan *mangrove* yang berlebihan sebagai upaya pemenuhan kebutuhan ekonomi sebagian besar masyarakat. Kemampuan *mangrove* sebagai tempat berpijah maupun hidupnya jenis-jenis fauna memberikan keuntungan tersendiri sehingga dimanfaatkan oleh masyarakat. Sebagian besar fauna *mangrove* yang berpotensi dimanfaatkan adalah berbagai jenis ikan, kepiting, udang, dan burung (Hasanuddin, 2019). Tidak hanya potensi dan jenis fauna saja yang ada di kawasan *mangrove*, akan tetapi dari jenis floranya yang dapat memberikan kontribusi ekonomi terhadap masyarakat. Dari pengertian tersebut, maka sangat penting untuk tetap memelihara kelestarian maupun kestabilan ekosistem *mangrove* yang semakin lama semakin banyak dimanfaatkan oleh masyarakat.

Wilayah pesisir kabupaten Pemalang merupakan daerah yang berada pada kawasan pesisir Utara Pulau Jawa yang memiliki berbagai ekosistem diantaranya ekosistem *mangrove* dan daerah estuari potensial untuk pengembangan perikanan. Budidaya sektor perikanan yang cukup intensif dikembangkan, terutama terkonsentrasi di desa-desa pesisir Kecamatan Ulujami. Saat ini kecamatan Ulujami, merupakan sentra Budidaya Perikanan Tambak (Udang/Bandeng). Sekitar 90% dari lahan tambak yang ada di Kabupaten Pemalang berada di Kecamatan ini (Saraswati, 2004; Purnamawati et al, 2015). Menurut Wijaya dan Sanjoto dalam Damanik (2024), Mojo merupakan nama sebuah desa di Pesisir Pantai Utara Jawa di Kabupaten Pemalang. Dilihat dari letak geografisnya, Desa Mojo berbatasan dengan laut Jawa (utara), Desa Limbangan (timur), Desa Wonokromo (Selatan), dan Desa Pesantren (barat). Desa Mojo ini termasuk di Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang provinsi Jawa Tengah. Luas tambak Desa Mojo 327 ha, mempunyai garis pantai sepanjang 5,9 km. Desa Mojo dilalui oleh DAS Comal yang mempunyai muara sangat potensial untuk tumbuhnya *mangrove*. Dengan jumlah curah hujan rata-rata dalam setahun sebanyak 2.300 mm dengan kemiringan lahan 3%. Kawasan *mangrove* tersebut

saat ini dikelola oleh Kelompok Pelita Bahari dan Nelayan Kepiting Lestari yang telah memperoleh izin pengelolaan dari Bupati Kabupaten Pemalang sejak tahun 2008. Lokasi tersebut telah dimanfaatkan dalam bentuk pemanfaatan hutan *mangrove* dari segi ekologinya (non kayu) untuk menambah *income* masyarakat sekitar lokasi hutan *mangrove*.

Hutan *mangrove* memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan menjadi areal produksi, salah satunya adalah produksi dalam bidang perikanan yang biasa disebut kolam budidaya atau tambak pada perairan *mangrove* yang dapat menghasilkan tingkat produksi tinggi. Pemanfaatan *mangrove* memang memberikan banyak keuntungan bagi masyarakat, namun ternyata disalahartikan dan sering menyebabkan kerusakan ekosistem *mangrove*. Salah satunya adalah alih fungsi *mangrove* yang banyak dimanfaatkan untuk lahan tambak. Untuk meminimalisir adanya kerusakan ekosistem *mangrove* maka dibutuhkan pengelolaan yang mampu memberi daya dukung aspek ekologis maupun ekonomis kawasan *mangrove* sehingga membantu meningkatkan perekonomian petani tambak dan tetap memperhatikan kelestarian lingkungan. Sistem pengelolaan yang sesuai tersebut adalah salah satunya pemanfaatan *mangrove* dalam bentuk sistem *Silvofishery*. *Silvofishery* merupakan bentuk pemanfaatan *mangrove* untuk budidaya perikanan dengan tetap mengutamakan fungsi kelestarian kawasan. *Silvofishery* muncul karena peran *mangrove* sebagai *nursery ground*. Energi berupa bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis secara tetap dikonsumsi oleh biota *mangrove* (Poedjirahajoe, 2014).

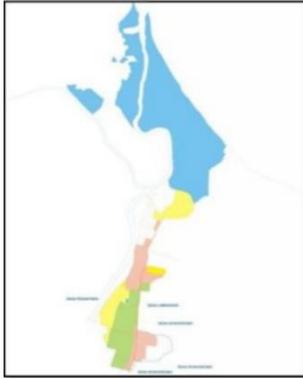
Silvofishery telah diimplementasikan di beberapa kawasan *mangrove* di Indonesia. Adni (2024) dalam penelitiannya di Desa Sawah Luhur, Banten mengungkapkan bahwa *silvofishery* sudah terbukti efektif untuk digunakan karena dinilai mampu memperbaiki kualitas air tambak. Hal tersebut kemudian mendasari pentingnya pemanfaatan *mangrove* dengan sistem *silvofishery* di Pantai Utara Mojo Pemalang. Menurut Fatmawati, et al. (2016), sebagian besar kawasan *mangrove* di Desa Mojo telah digunakan sebagai areal pertambakan. Pemanfaatan hutan *mangrove* sebagai areal pertambakan akan turut andil dalam menimbulkan dampak yang kurang baik, diantaranya terjadi perubahan komposisi dan struktur vegetasi pada berbagai tingkatan pohon hingga menyebabkan terjadi abrasi (Ledheng et al., 2009; Muali, 2020). Perubahan struktur vegetasi akan menyebabkan terjadinya perubahan fungsi dari ekosistem *mangrove* (Sari et al., 2023). Untuk menjaga kelestarian *mangrove* di Pantai Utara Mojo Pemalang, maka kesesuaian struktur vegetasi dan habitat hutan *mangrove* perlu menjadi sebuah perhatian. Oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan guna mengidentifikasi lokasi yang sesuai untuk pengembangan *Silvofishery* berdasarkan aspek fisis, kimia, dan biologis di Desa Mojo, Pemalang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Rehabilitasi *Mangrove*, Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Pemalang yang mempunyai batas-batas adalah sebagai berikut:

- Sebelah barat : Kabupaten Brebes
- Sebelah Timur : Kabupaten Batang
- Sebelah Selatan : Pekalongan
- Sebelah Utara : Pantai Utara Jawa/ Laut Jawa



Gambar 1. Denah Desa Mojo Kab. Pemalang (Mutia dan Rahdriawan, 2014)

Penelitian ini dilakukan pada bulan pertengahan November 2023. Penelitian berupa pengambilan data di lapangan, antara pengamatan data faktor fisik, kimia dan pengamatan plankton di Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan UGM selama dua minggu.

2.2. Alat dan Bahan

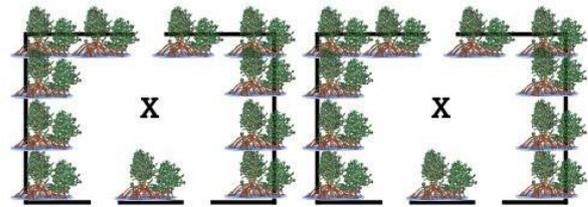
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat-Alat untuk Pengambilan Data Lapangan Beserta Fungsinya

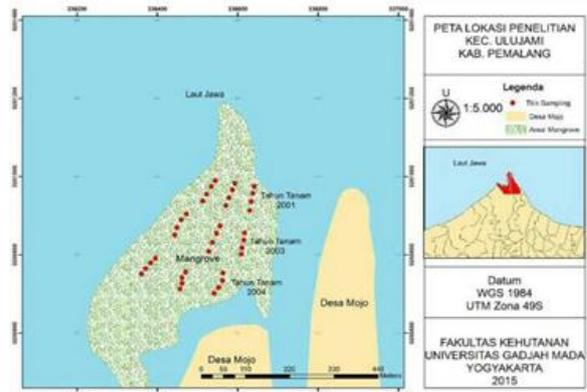
No.	Alat	Fungsi
1	Roll meter	Alat bantu untuk membuat petak ukur.
2	Tallysheet	Untuk dokumentasi data lapangan.
3	Alat tulis	Untuk mencatat data.
4	Kamera	Untuk dokumentasi.
5	Global Positioning System (GPS)	Alat untuk navigasi dan mengukur ketinggian tempat.
6	Diameter tape	Alat untuk mengukur diameter pohon.
7	Hagameter/hypsometer	Alat untuk mengukur tinggi pohon.
8	Peta kawasan	Alat untuk menentukan titik Pengambilan data.
9	Current meter	Alat untuk mengukur kecepatan arus
10	Thermometer stick	Alat untuk mengukur suhu air
11	pH Meter	Alat untuk mengukur pH
12	Salt Test Digital	Alat untuk mengukur salinitas
13	Oxymeter	Alat untuk mengukur oksigen terlarut
14	Galah berskala	Alat untuk mengukur kedalaman lumpur

2.3. Metode Pengambilan Data

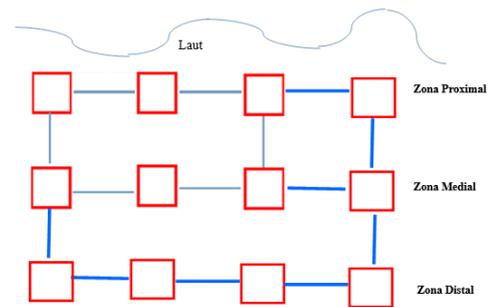
Pengambilan data penelitian ini dilakukan melalui metode sampling. Jalur disusun mengikuti zonasi yang melalui zona proximal, zona medial dan zona distal. Di dalam jalur terdapat petak ukur (PU) berukuran 5x5 m. Pada setiap jalur terdiri dari empat PU pengamatan, sehingga total PU pengamatan pada setiap tahun tanam sebanyak 12 PU, dan total ulangan yang digunakan sebanyak 36 kali ulangan. Skema PU beserta ukuran PU disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Empang Terbuka



Gambar 3. Peletakan Petak Ukur



Gambar 4. Skema Petak Ukur

Setiap PU akan dilakukan pengukuran dari beberapa aspek yaitu fisis, kimia, dan biologis. Aspek fisis yang diukur meliputi vegetasi dan suhu; aspek kimia meliputi DO, pH, dan Salinitas; serta aspek biologi yang terbagi dari ketebalan lumpur, kepadatan plankton, dan jumlah nekton. Dari ketiga aspek tersebut kemudian diidentifikasi kesesuaian ekologisnya berdasarkan kriteria kesesuaian *mangrove* untuk silvofishery pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kesesuaian mangrove untuk Silvofishery (Poedjirahajoe, 2015)

Peruntukan	Kriteria							
	Kerapatan vegetasi (ind/Ha)	Plankton (ind/lt) ID	Jumlah nekton (ind/plot)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	Salinitas (%)	Ketebalan lumpur (cm)
Disarankan untuk Silvofishery	> 2500	>10000 ID 0,8	++++	>12	<28	6-7,5	20-Dec	>50
Ditingkatkan supaya dapat digunakan Silvofishery	1500-2500	6000-10000 ID 0,6-0,8	+++	12-Aug	28-30	5-6 atau 7,6-8,0	12-Oct	30-50
Tidak disarankan untuk Silvofishery	<1500	<6000 ID < 0,6	++ atau +	<8	>30	<5 atau >8	<10	<30

Keterangan:

- ++++ : Melimpah (>10 ekor/plot)
- +++ : Sedang (6 - 10 ekor/plot)
- ++ : Kurang (3-5 ekor/plot)
- + : Sedikit (< 1-2 ekor /plot)

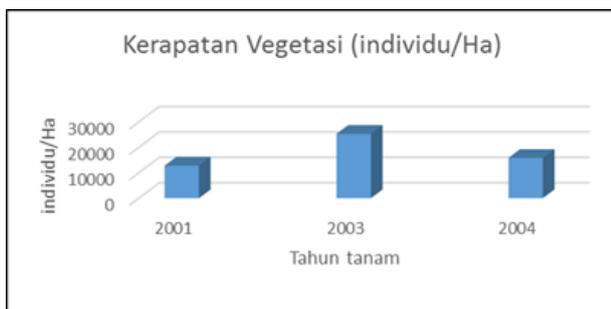
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kerapatan Vegetasi

Pengambilan data vegetasi mangrove dilakukan pada tahun tanam 2001, 2003, dan 2004. Berdasarkan hasil pengambilan data tersebut dapat diketahui bahwa vegetasi penyusun hutan mangrove di Desa Mojo sebagian besar tersusun oleh jenis *Rhizophora mucronata*, karena jenis ini digunakan sebagai tanaman pokok rehabilitasi sejak tahun 1990. Penggunaan jenis ini didasarkan bahwa jenis *Rhizophora mucronata* tersebut merupakan jenis yang mudah beradaptasi dengan faktor lingkungan habitat sekitar. Hasil penghitungan kerapatan *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kerapatan *Rhizophora mucronata* pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004		
	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	5	7	14	9	19	15	4	11	12
2	9	16	13	20	19	12	17	11	17
3	9	6	10	17	23	14	14	9	5
4	8	5	4	11	13	18	8	6	5
Jumlah /25m ²	31	34	41	57	74	59	43	37	39
Rata-rata /25m ²	32,0			63,3			39,6		
Rata-rata/ Ha	12800			25320			15840		



Gambar 5. Histogram kerapatan *R. Mucronata*

Tabel 3 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan *Rhizophora mucronata* pada tahun tanam 2003 jauh lebih tinggi dibanding tahun tanam lainnya. Zona tengah (*medial zone*) merupakan lokasi yang ideal untuk tempat tumbuh *Rhizophora mucronata* karena jenis ini masih mampu tumbuh dengan baik dalam meskipun dalam keadaan air laut

pasang atau surut dengan daerah yang berlumpur (Kaliu, 2018; Khaliza et al., 2023), sehingga hal ini menyebabkan kerapatan *Rhizophora mucronata* pada tanam 2003 lebih tinggi karena terletak pada zona tengah (*medial zone*), sedangkan untuk tahun tanam 2001 dan 2004 meskipun mempunyai selisih waktu tiga tahun namun demikian, perkembangannya hampir sama karena keduanya terletak pada zona belakang (*distal zone*) meskipun jaraknya berjauhan. Fakta lain yang dapat dijelaskan bahwa pada tahun tanam 2001 jenis *Rhizophora mucronata* telah mengalami pertumbuhan dan perkembangan sehingga kompetisi perakaran semakin ketat, sehingga kerapatannya menjadi lebih kecil, sedangkan tahun tanam 2004 kompetisi ruang dan habitat tidak terlalu ketat sehingga jumlah tanaman masih lebih banyak dari pada tahun tanam 2001. Pendapat tersebut juga didukung oleh Pithaloka (2015) yang mengatakan bahwa kerapatan vegetasi berkaitan erat dengan terjadinya kompetisi ruang tumbuh, intersepsi cahaya, air, dan unsur hara yang diperlukan tanaman, sehingga pertumbuhan dan perkembangan vegetasi akan berbanding lurus dengan kompetisi yang terjadi.

3.2. Suhu

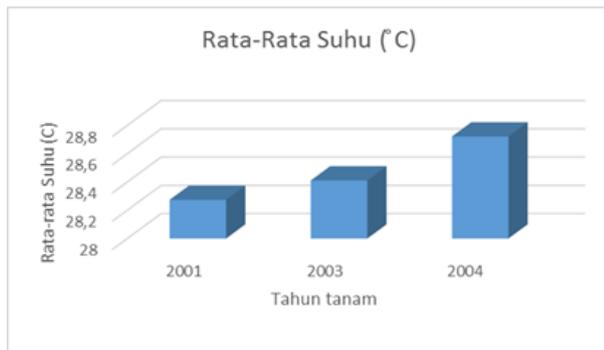
Pengamatan menunjukkan bahwa suhu pada ketiga tahun tanam rata-rata berkisar antara 28,2-28,5 °C. Pengamatan suhu dilakukan pada pagi hari pukul 08.00 WIB secara serentak dengan kondisi cuaca cerah. Hasil pengamatan suhu pada ketiga tahun tanam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Suhu (°C) pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004			
	Zona	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1		28,4	28,3	29	28,3	28	28,3	28,3	28,7	28,6
2		28,8	28,1	28,7	28,1	28,5	28,3	28,4	28,3	28,3
3		28	28,5	28,6	28,2	28,1	27,9	28,4	28,3	28,5
4		28,3	28,3	28,3	28,4	28,4	28,5	28,7	28,5	29
Rata-rata		28,27			28,41			28,72		

Tabel 4 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa pengamatan suhu pada tiga tahun tanam hampir sama. Hal ini dapat dimengerti karena permukaan

perairan pada satu garis pantai yang sama akan menerima intensitas matahari yang sama. Selain itu suhu juga dihasilkan dari aktivitas perairan, seperti aktivitas fotosintesis dan metabolisme biota. Aktivitas fotosintesis memerlukan cahaya matahari untuk mengubah bahan an organik menjadi organik. Hasil fotosintesis adalah Oksigen yang membuat suhu perairan menjadi menurun. Namun demikian, aktivitas metabolisme dari biota membutuhkan oksigen (aktivitas aerob) sehingga suhu perairan menjadi meningkat. Dengan demikian, dapat dilihat pada tiga tahun tanam bahwa suhu tidak terpaut jauh.



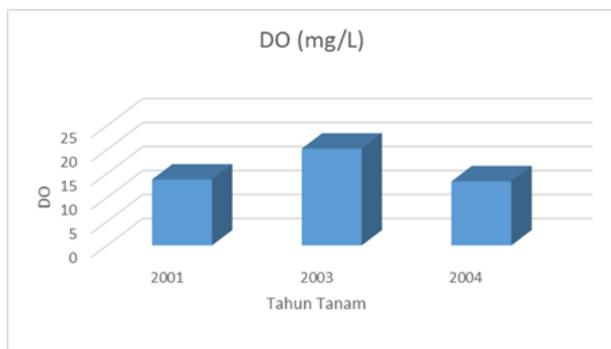
Gambar 6. Histogram Rata-Rata Suhu pada Setiap Tahun Tanam

3.3. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (DO) merupakan variabel perairan yang penting karena menyangkut pernafasan makhluk hidup yang ada di dalam perairan maupun proses-proses metabolisme di dalamnya. Hasil pengamatan DO dapat dilihat pada Tabel. 6 dan Gambar 9.

Tabel 5. Rata-Rata DO (mg/l) pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004		
	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	15,5	16,3	16,2	32,7	25,1	27	16,5	17,4	18,8
2	15,6	16,7	16,5	30,8	23,2	24,9	16,7	17,8	18,7
3	16	16,9	17	23,1	24,5	23,7	14,2	17,8	17,7
4	15,7	16,6	16,6	28,9	24,2	25,2	15,8	17,7	18,4
Rata-rata	16,2			26			17,2		



Gambar 7. Histogram Rata-Rata DO pada Setiap Tahun Tanam

Tabel 5 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa DO pada tahun tanam 2001 dan 2004 tidak terpaut jauh,

sedangkan tahun 2003 mempunyai perbedaan dari keduanya, meskipun angka DO dari ketiganya tergolong rendah. Hasil pengukuran DO sangat dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi dan kepadatan plankton, karena vegetasi *mangrove* dan plankton dapat melakukan fotosintesis. Nampaknya, hasil pengamatan kerapatan vegetasi diikuti oleh konsentrasi DO pada habitat masing-masing. Kelarutan DO dipengaruhi oleh kecepatan difusi oksigen dari atmosfer ke badan air yang tergantung pada kekeruhan, suhu, salinitas, gelombang dan pasut. Faktor lain yang mempengaruhi kelarutan oksigen adalah suhu (Muarif, 2016). Sari dan Harlyan (2015) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kelarutan DO di perairan *Mangrove Center Tuban* tidak menunjukkan variasi pada setiap stasiunnya. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik fisik-kimia perairan tersebut tidak jauh berbeda. Penelitian tersebut tidak menggunakan perlakuan tahun tanam. Meskipun demikian, perubahan DO perlu mendapat perhatian yang detail, karena pengukuran di setiap lokasi menunjukkan habitat yang berbeda-beda.

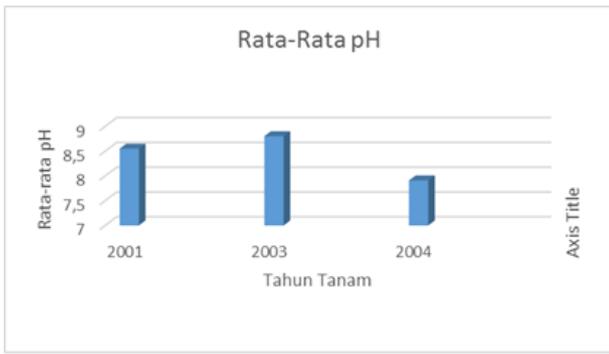
Hampir semua aktivitas biota perairan sangat tergantung pada konsentrasi DO. Kecilnya konsentrasi DO di dalam air, menyebabkan *mangrove* mengantisipasinya dengan sistem perakaran yang mencuat ke udara. Akar nafas mempunyai lentisel yang berfungsi sebagai jalan masuknya oksigen (Poedjirahajoe, 2014). Ciri khas lain adalah adanya lubang-lubang dalam lumpur *mangrove* yang dibuat oleh biota-biota, seperti kepiting. Ternyata lubang-lubang itu berguna menyediakan Oksigen bagi perakaran *mangrove*. DO sebagian juga dihasilkan dari aktivitas fotosintesis oleh *mangrove* dan fitoplankton yang berada di permukaan air. Keanekaragaman dan kelimpahan jenis biota laut juga dipengaruhi oleh ketersediaan Oksigen di dalam air karena digunakan sebagai proses respirasi organisme yang hidup pada perairan *mangrove* (Sipayung dan Poedjirahajoe, 2021). Pada kondisi yang anoksik maka keanekaragaman jenis dan kelimpahan biota laut menjadi menurun.

3.4. pH

pH merupakan derajat keasaman yang berpengaruh besar terutama pada fauna perairan. Keasaman pH menyebabkan hanya beberapa fauna yang mampu mentolerirnya. Hasil pengukuran pH di kawasan *mangrove* pemalang dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 15.

Tabel 6. Rata-Rata pH pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004		
	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	8	8,6	8,8	8,8	8,6	8,8	8	8	8
2	8,4	9	8,6	9	8,8	8,6	7,4	8	8
3	8	8,8	8,2	9	9	8,4	7,6	8	8
4	9	9	8,2	8,6	9	9	8	8	8
Rata-rata	8,35	8,85	8,45	8,85	8,85	8,7	7,75	8	8
Rata-rata/th tanam	8,55			8,8			7,91		



Gambar 8. Histogram Rata-rata pH Pada Setiap Tahun Tanam

Tabel 6 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa pengukuran pH pada ketiga tahun tanam tidak terpaut jauh. Hal ini disebabkan karena pH hanya mempunyai rentang antara 1-7. pH 8,5 dan 8,8 pada tahun tanam 2001 dan 2003 sedikit basa dikarenakan kemungkinan adanya masukan surfaktan (detergen) mengingat sekitar kawasan setempat sudah banyak pemukiman masyarakat yang banyak membuang limbah rumah tangga ke Sungai Comal. pH yang tinggi tersebut kemungkinan juga disebabkan adanya pengapuran oleh cangkang biota laut seperti *Telescopium* sp. (keong) dan jenis *Gastropoda* lainnya yang ada di perairan *mangrove*, karena pengamatan dan pengukuran dilakukan pada musim kemarau (panas).

3.5. Salinitas

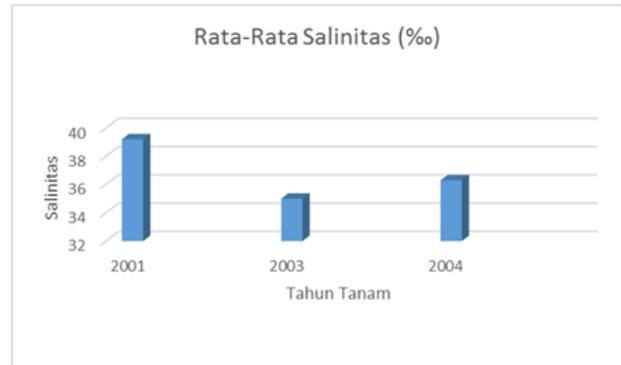
Salinitas merupakan faktor yang penting dalam metabolisme baik vegetasi maupun biota. *Mangrove* mempunyai salinitas payau, karena berada pada pasang surut yang merupakan campuran antara air laut dan air sungai. Salinitas *mangrove* umumnya berkisar antara 11 – 25 ‰. Hasil pengukuran salinitas di kawasan *mangrove* Pemalang dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 9.

Tabel 7. Rata-Rata Salinitas pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004		
Zona	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	39,4	38,8	39	4	34	32,4	32,4	32,2	45
2	39,6	40,6	38	38,2	35	33	32,2	34,8	45,8
3	40,2	39	42	36	35,2	33	31,5	36	41,4
4	39,2	37,2	37	33,75	37	33,2	32	36	3,6
Rata-Rata	39,6	38,9	39	36,9	35,3	32,9	32,02	34,75	42,45
Rata - Rata/ Th Tanam	39,2			35			36,3		

Tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata salinitas perairan *mangrove* di kawasan tersebut berkisar antara 35-39%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi salinitas di kawasan *mangrove* tersebut lebih mendekati kisaran salinitas perairan laut dari pada salinitas perairan *mangrove*. Hal ini juga dikemukakan oleh Sopi dan Kaswaini (2014) bahwa salinitas perairan payau berkisar antara 0,5-30%, sedangkan perairan laut berkisar antara 30-40%. Hal ini

disebabkan karena pengukuran dilakukan pada musim kemarau dimana intensitas hujan sedikit, sehingga mempengaruhi salinitas pada kawasan *mangrove* di Desa Mojo.



Gambar 9. Histogram Rata-Rata Salinitas pada Setiap Tahun Tanam

3.6. Ketebalan Lumpur

Pelumpuran merupakan ciri khas dari habitat *mangrove*. Ketebalan lumpur berperan penting dalam menentukan pertumbuhan tanaman *mangrove*. Lumpur yang tebal dapat menunjukkan kondisi habitat yang ideal bagi *mangrove* karena sejalan dengan tingkat kandungan hara dan bahan organik pada lokasi tersebut. Hasil pengamatan dan pengukuran ketebalan lumpur di kawasan *mangrove* Pemalang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-Rata Ketebalan Lumpur (cm) pada Setiap Tahun Tanam

Tahun Tanam	2001			2003			2004		
Zona	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	101	98	82,6	177	186,4	194	161	160	187
2	94,6	98	87	181	209	155	160	170	179
3	95	96	98	160,6	203	185	191	164	204
4	98	83	95	171	197	155	178	158	183
Rata-Rata	97,15	93,75	90,65	172,4	198,85	172,25	172,5	163	188,25
Rata - Rata/ Th Tanam	93,85			181,16			174,58		

Pada Tabel 8 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa perbedaan ketebalan lumpur pada setiap tahun tanam berbeda-beda dan memiliki selisih sekitar 10 cm antar setiap tahunnya. Ketebalan lumpur sangat berperan penting dalam suplai hara, karena lumpur yang tebal akan menambah kuantitas hara (Poedjirahajoe et al., 2011). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi lumpur pada kawasan tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan *Rhizophora mucronata*. Hal ini juga dikemukakan dalam penelitian Damanik, 2011 bahwa *trend* peningkatan ketebalan lumpur sejalan dengan bertambahnya umur vegetasi rehabilitasi. Meningkatnya ketebalan lumpur pada kawasan *mangrove* yang direhabilitasi dengan *Rhizophora mucornata* lebih disebabkan peran kerapatan akar *Rhizophora mucronata* yang mampu menahan partikel-partikel sedimen halus dan

mengendapkannya di sekeliling akar (Poedjirahajoe, 2004).



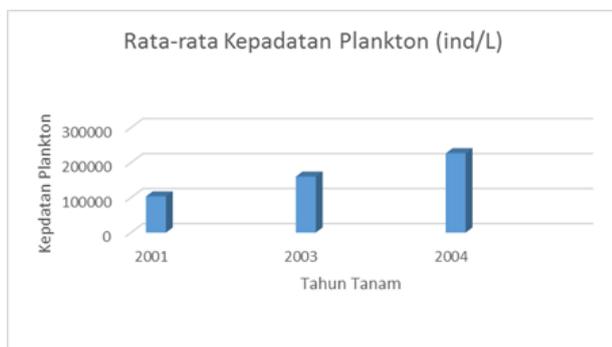
Gambar 10. Histogram Rata-Rata Ketebalan Lumpur pada Setiap Tahun Tanam

3.7. Kepadatan Plankton

Plankton merupakan organisme yang memiliki peranan penting dalam ekosistem perairan. Plankton berperan sebagai produsen, sumber makanan bagi beberapa jenis biota perairan. Fitoplankton merupakan plankton yang mampu melakukan fotosintesis, biasa disebut sebagai produsen primer perairan. Peran fitoplankton sebagai produsen primer perairan menunjukkan bahwa fitoplankton merupakan pangkal rantai makanan dan merupakan komponen dasar yang mendukung kehidupan seluruh biota laut lainnya.

Tabel 9. Rata-Rata Kepadatan Plankton (individu/l)

Tahun tanam	2001			2003			2004		
Zona	L	T	D	L	T	D	L	T	D
1	130	700	900	260	180	120	220	290	210
2	000	00	00	000	000	000	000	000	000
3	500	130	100	190	250	900	240	310	230
4	00	000	000	000	000	00	000	000	000
Rata-rata	825	125	102	207	197	750	207	265	207
Rata-rata/th tanam	103333,33			160000			226666,66		



Gambar 11. Rata-rata Kepadatan Plankton pada Setiap Tahun Tanam

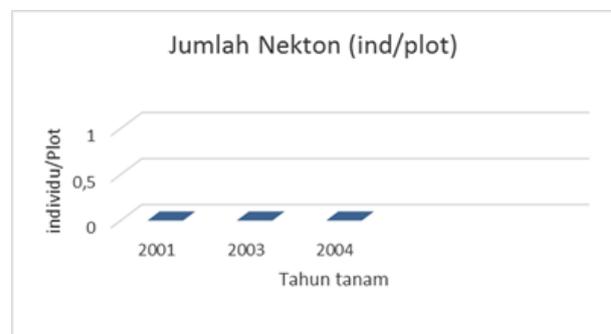
Tabel 9 dan Gambar 11 menunjukkan kepadatan plankton pada setiap tahun tanam. Kepadatan plankton paling tinggi terdapat pada tahun tanam 2004 dan kepadatan terendah terdapat pada tahun tanam 2001. Hal ini disebabkan karena lokasi tahun tanam 2001 berada dalam kondisi air yang surut dan posisinya berada paling dekat dengan Sungai Comal sehingga memungkinkan plankton tersebut terbawa oleh arus sungai pada saat pasang dan surut. Seperti yang dikemukakan oleh Nontji, 2008 dan Hertika, 2021 bahwa pencampuran air tawar dan jenis plankton air laut menyebabkan jenis plankton yang dijumpai merupakan gabungan dari jenis plankton air tawar dan jenis plankton air laut, karena pada dasarnya plankton terdapat pada semua perairan baik tawar maupun asin sampai batas kedalaman yang masih ditembus oleh cahaya matahari.

3.8. Jumlah Nekton

Nekton merupakan organisme yang mempunyai daya renang yang cukup kuat karena mampu melawan arus air. Jenis nekton sebagian besar didominasi oleh jenis ikan. Dalam piramida makanan, nekton merupakan jenis herbivora, yaitu pemakan ganggang atau plankton. Akan tetapi ikan yang besar dapat sebagai karnivora yang memangsa ikan lain yang ukurannya lebih kecil. Keberadaan nekton dalam suatu perairan dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi *mangrove* (Poedjirahajoe, 2014). Selain itu dijumpainya jenis ikan laut lepas di hutan *mangrove* dapat dijelaskan bahwa salah satu fungsi hutan *mangrove* adalah sebagai *nursery ground* dan *feeding ground* bagi sejumlah spesies udang dan ikan.

Tabel 10. Jumlah Nekton pada Setiap Tahun Tanam (ind/Plot)

Tahun Tanam	2001	2003	2004
Jumlah Nekton yang ditemukan	2	308	100
Rata-rata per tahun tanam	0,17	25,67	8,33



Gambar 12. Histogram Jumlah Nekton pada Setiap Tahun Tanam

Hasil pengamatan pada Tabel 10 dan Gambar 12 menunjukkan perbedaan yang jauh pada tahun tanam 2001 diantara dua tahun tanam lainnya. Perbedaan yang mencolok sangat terlihat, bahwa pada tahun

2001 rata-rata jumlah nektonnya sangat rendah, padahal kerapatan vegetasinya tidak berbeda jauh diantara dua tahun tanam pada tahun 2003 dan 2004. Hal ini karena pengamatan yang dilakukan pada saat pagi hari di mana pada kondisi air yang surut, dan menggenang sangat sedikit sampai membentuk kubangan- kubangan yang banyak sehingga nekton yang muncul sangat sedikit. Hal ini juga dikemukakan oleh Daulay et al. (2023) bahwa perairan *mangrove* merupakan tempat mencari makan pada waktu terjadi pasang tinggi bagi ikan-ikan ekonomis maupun non ekonomis. Sehingga pada saat terjadinya pasang menuju ke kondisi surut, ikan-ikan yang muncul untuk mencari makan bisa saja terbawa oleh arus pasang surut tersebut. lain hal nya jika pengamatan dilakukan pada kondisi air pasang, yang pada kondisi tersebut nekton yang ditemukan bisa lebih banyak. Berbeda pada tahun tanam 2003 dan 2004, dimana genangan air nya masih cukup banyak walaupun dalam kondisi surut, sehingga nekton yang ditemukan pun cukup banyak pula (100-300 ekor).



Gambar 13. Ikan Belanak

Hasil pengamatan di lapangan, pada *mangrove* tahun tanam 2001 hanya ditemukan satu jenis nekton yaitu *Periophthalmus* sp. atau yang sering disebut ikan Gelodok. *Periophthalmus* sp. merupakan jenis ikan yang bisa merangkak naik ke daratan atau bertengger pada akar *mangrove* (Nontji, 1987; Maturbongs et al., 2020), merupakan ikan yang paling tahan terhadap kerusakan lingkungan hidup dan dapat tetap hidup meskipun kondisi lingkungan memprihatinkan (Maghfirah et al., 2023). *Periophthalmus* sp. pada umumnya sering ditemukan di perairan *mangrove*. seperti pada penelitian Damastuti, 2015 mengenai kajian *silvofishery* dan ekowisata dalam penelitiannya mengenai nekton, salah satu nekton yang sering ditemukan pada setiap tahun tanam yaitu jenis *Periophthalmus* sp. Adanya keberadaan jenis *Periophthalmus* sp. ini memberikan keuntungan bagi *mangrove* sebagai tempat masuknya oksigen karena perilaku *Periophthalmus* sp. yang suka membuat sarang berupa lubang-lubang pada lumpur-lumpur

yang lunak (Bija dan Rozi, 2023). Jenis lain yang muncul pada tahun tanam 2003 dan 2004 selain *Periophthalmus* sp. ditemukan pula jenis *Mugilidae* sp. atau ikan Belanak yang berukuran relatif kecil dan bergerombol saat muncul, sehingga hal ini mengindikasikan bahwa kawasan *mangrove* telah mampu menjadi *nusery ground* dan *feeding ground* bagi biota perairan (Siahaan et al., 2024).

3.9. Kesesuaian Ekologis Ekosistem *Mangrove* Desa Mojo, Pemalang untuk *Silvofishery*

Tabel 11 berisi kriteria habitat *mangrove* oleh Poedjirahajoe (2015) dan perbandingannya terhadap hasil pengamatan faktor-faktor tersebut di lapangan pada setiap tahun tanam (2001, 2003, dan 2004).

Pada tahun tanam 2001, faktor-faktor yang sesuai dengan tabel kesesuaian *mangrove* untuk *silvofishery* diatas adalah kerapatan vegetasi, kepadatan plankton, kelimpahan nekton, DO, dan ketebalan lumpur, sedangkan faktor-faktor lainnya tidak sesuai. Oleh sebab itu faktor-faktor yang tidak sesuai tersebut perlu ditingkatkan agar sesuai, misalnya keanekaragaman jenis plankton, suhu, jumlah nekton, pH dan salinitas. Namun demikian ketidak-sesuaian tersebut dapat dijelaskan bahwa jumlah nekton yang tercatat sangat sedikit, hal ini disebabkan karena waktu pengambilan data yang singkat dan pada saat kondisi surut, dimana lokasi pada tahun tanam 2001 jika terjadi surut sangat sedikit air yang menggenang, sehingga membentuk kubangan-kubangan banyak, bisa jadi jika pengamatan dilakukan pada saat musim penghujan, nekton yang tertangkap bisa lebih banyak dan bisa memenuhi kriteria. Pendapat tersebut juga disampaikan oleh Daulay et al. (2023) bahwa pasang surut air laut dapat memengaruhi jumlah nekton karena kondisi ikan-ikan yang sedang mencari makan dapat terbawa arus pasang surut tersebut. Nilai pH yang di dapatkan juga bersifat sangat basa, sehingga tidak bisa dimasukkan dalam kategori pada tabel kesesuaian *mangrove* untuk *silvofishery* tersebut yang mana mengharuskan pH tersebut dalam kondisi tidak terlalu asam atau basa (pH 5-8). Tingginya nilai pH tersebut diduga terjadi karena pengaruh pencemaran perairan dari aktivitas perairan di sekitarnya. Banyaknya produk dari pabrik olahan secara langsung telah memengaruhi kualitas perairan sungai, di mana limbah tersebut tidak melalui proses penetralan, sehingga kondisi ini dapat menyebabkan penurunan alkalinitas air untuk kegiatan pertambakan dan menghambat *gastopoda* untuk melakukan molting (Listriyana, 2023). Salinitas yang didapatkan juga sangat tinggi, mendekati rentang salinitas untuk perairan laut. Hal ini disebabkan karena pada saat pengambilan data pada kondisi penghujung musim kemarau dan awal musim hujan. Curah hujan yang rendah atau sudah lama tidak terjadi hujan akan menyebabkan salinitas perairan *mangrove* semakin tinggi dan berlaku sebaliknya (Lusiani, 2018).

Tabel 11. Ekologis mangrove pada Tahun Tanam 2001, 2003, dan 2004

Tahun Tanam	Hasil Pengamatan							
	Kerapatan vegetasi (ind/ha)	Plankton (ind/l) ID	Nekton (ind/plot)	DO (mg/l)	Suhu (°C)	pH	Salinitas (%)	Ketebalan lumpur (cm)
2001	12800	103333,33 0,748	(+)	16,2	28,27	8,55	39,2	93,85
2003	25320	160000 0,751	(++++)	26	25,32	8,8	35	181,16
2004	15840	226,666,660 0,76	(++++)	17,2	28,72	7,91	36,3	174,58

Pada tahun tanam 2003, faktor-faktor yang sesuai dengan tabel kesesuaian kriteria tersebut adalah kerapatan vegetasi, kepadatan plankton, jumlah nekton, DO, Suhu, dan ketebalan lumpur, sedangkan faktor lain tidak memenuhi kriteria. Agar dapat digunakan untuk *silvofishery*, maka faktor yang perlu ditingkatkan adalah keanekaragaman jenis plankton, pH dan salinitas. Salinitas yang didapatkan terlalu tinggi mendekati rentang salinitas perairan laut, sedangkan pH masih terlalu basa.

Pada tahun tanam 2004, faktor-faktor yang sesuai untuk *silvofishery* adalah faktor kerapatan vegetasi, kepadatan plankton, ID plankton jumlah nekton, DO, dan ketebalan lumpur, sedangkan faktor lainnya tidak sesuai. Faktor yang tidak sesuai perlu disesuaikan antara lain adalah faktor, suhu, pH dan salinitas.

Pada umumnya rata-rata salinitas yang didapatkan pada setiap tahun tanam sangat tinggi sehingga tidak ada satupun dari ketiga tahun tanam tersebut yang sesuai dengan tabel kesesuaian ekologis untuk *silvofishery*. Salinitas merupakan faktor yang penting bagi penyebaran organisme perairan laut dan kekeruhannya dapat membahayakan ikan dan menghambat masuknya sinar matahari untuk fotosintesis (Patty et al., 2020), sehingga dengan ketidaksesuaian salinitas dapat menyebabkan *mangrove* di Desa Mojo belum sesuai untuk dimanfaatkan sebagai kawasan *Silvofishery*. Hal-hal yang menyebabkan hasilnya menjadi demikian bisa disebabkan karena berbagai faktor, dan bisa diperbaiki atau dilakukan pembenahan terhadap setiap faktor-faktornya atau pun pada faktor lain. Saat ini sudah terdapat wadah yang mampu menampung aspirasi dari kegiatan seperti *silvofishery* di Desa Mojo, seperti Kelompok Pelita Bahari dan Nelayan Kepiting Lestari yang baru saja terbentuk.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa faktor fisis, kimia dan biologis *mangrove* pada setiap tahun tanam memiliki kondisi yang berbeda. Pada tahun tanam 2001 memiliki kerapatan vegetasi sebesar 12800 ind/ha, kepadatan plankton sebesar 10333,33 (ind/ml), ID Plankton sebesar 0,748, kepadatan nekton sebesar 1666,67 ind/ha, DO sebesar 16,2 mg/l, suhu sebesar 28,27°C, pH sebesar 8,55, salinitas sebesar 39,2 ‰, dan ketebalan lumpur sebesar 93,85 cm. Pada tahun tanam 2003 memiliki kerapatan vegetasi sebesar 25320 ind/ha, kepadatan plankton sebesar 160000

(ind/ml), ID Plankton sebesar 0,751, kepadatan nekton sebesar 256666,67 ind/ha, DO sebesar 26 mg/l, suhu sebesar 25,32 °C, pH sebesar 8,8, salinitas sebesar 35 ‰, dan ketebalan lumpur sebesar 181,16 cm. Pada tahun tanam 2004 memiliki kerapatan vegetasi sebesar 15840 ind/ha, kepadatan plankton sebesar 226666,67 (ind/ml), ID Plankton sebesar 0,55 kepadatan nekton sebesar 80833,33 ind/ha, DO sebesar 17,2 mg/l, suhu sebesar 28,72 °C, pH sebesar 7,91, salinitas sebesar 36,3 ‰, dan ketebalan lumpur sebesar 174,58 cm. Dari kondisi tersebut, *Mangrove* di Desa Mojo Pemalang tahun tanam 2001, 2003 dan 2004 dapat dinilai tidak sesuai untuk *silvofishery*. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan ketidaksesuaian yaitu suhu tinggi, pH terlalu basa, dan salinitas tinggi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menyertakan dan mempertimbangkan saat kondisi air laut tidak surut atau saat musim penghujan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Dana Proposal Penelitian Dosen Junior Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2004. *Peraturan Menteri Kehutanan No. P.03/MENHUT-V/2004 tentang pedoman dan Petunjuk Pelaksanaan Penyelenggaraan Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan*. Jakarta.
- Adni, S. F., Fatimah, G., Saputri, H. R., Rahmadhani, K., & Hartoyo, A. P. P. 2024. Potensi Silvofishery Sebagai Blue Carbon Reservoir dan Sumber Pendapatan Masyarakat di Desa Sawah Luhur, Banten dalam Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Silva Tropika*, 8(1), 1-13.
- Bija, S., & Rozi, A. 2023. Komposisi Kimia Daging Ikan Glodok (*Mudskipper* sp.) Dari Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) di Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 16(1), 58-66.
- Damastuti, P. 2015. *Kesesuaian Ekologis Hutan Mangrove untuk Ekowisata dan Silvofishery di Pantai Utara, Rembang, Jawa Tengah* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- 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), 688-699.
- Fatmawati, R. A., Suryanto, A., & Hendarto, B. 2016. Luasan dan Distribusi Mangrove di Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang dengan Penggunaan Google Earth dan Software ArcGIS (Studi Kasus: Desa Pesantren, Desa Mojo dan Desa

- Limbangan). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4), 427-432.
- Hasanuddin. 2019. Identifikasi Potensi Dan Strategi Pengembangan Ekowisata Mangrove Pada Kawasan Wisata Tanarajae Kecamatan Labakkang Kabupaten Pangkep. *Teknik Unifa Press Universitas Fajar*, 82-86.
- Hertika, A. M. S., Arsad, S., & Putra, R. B. D. S. 2021. *Ilmu Tentang Plankton dan Peranannya di Lingkungan Perairan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Kaliu, S. 2018. Struktur vegetasi mangrove dan fekunditas di Desa Terapungmawasangka Sulawesi Tenggara. *Saintifik*, 4(1), 31-38.
- Khaliza, N., Abdunnur, A., & Rafii, A. 2022. Analisis Vegetasi Mangrove di Desa Kersik Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Tropical Aquatic Sciences*, 1(1), 98-103.
- Ledheng, L., Ardhana, I. P. G., & SUNDRA, I. K. 2009. Komposisi dan Struktur Vegetasi Mangrove di Pantai Tanjung Bastian Kabupaten Timor Tengah Utara Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Ecotrophic*, 4(2), 80-85.
- Lhedyan, Sari dan. 2014. *Kelayakan Kualitas Perairan Sekitar Mangrove Center Tuban Untuk Aplikasi Alat pengumpul Kerang Hijau (Perna viridis L.)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
- Listriyana, A., Handayani, C., & Pahlewi, A. D. 2023. Analisis Kualitas Air Alkalinitas pada Perairan Tambak Intensif Situbondo. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 4(2), 159-164.
- Lusiani., Hendrawan, Andi., & Wahikun. 2018. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Fluktuasi Produksi Penangkapan Ikan di Laut (Perairan Cilacap). *Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 2(2), 1-7.
- Maghfirah, L., Latuconsina, H., & Prasetyo, H. D. 2023. Inventarisasi Komunitas Ikan Gelodok (Mudskipper) pada Habitat Berbeda di Pantai Bahak Indah, Probolinggo-Jawa Timur. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 7(1), 1-9.
- Mahayani, N.P.D. 2002. *Perbedaan Beberapa Pola Silvofishery Terhadap Sifat Fisik-Kimia dan Biota Perairan Di Area Mangrove Desa Grinting, Kecamatan Bulakamba, Kabupten Brebes*. Skripsi. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta. Tidak diterbitkan.
- Maturbongs, M. R., Elviana, S., Sunarni, S., & deFretes, D. 2018. Studi keanekaragaman ikan gelodok (Famili: Gobiidae) pada muara Sungai Maro dan kawasan mangrove Pantai Kembapi, Merauke. *Depik*, 7(2), 177-186.
- Muali, M. 2020. Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 21(1), 35-47.
- Muarif, M. (2016). Karakteristik suhu perairan di kolam budidaya perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2), 96-101.
- Nontji. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Nybakken. 1988. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: Gramedia.
- Patty, S. I., Huwae, R., & Kainama, F. 2020. Variasi musiman suhu, salinitas dan kekeruhan air laut di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 8(1), 110-117.
- Pithaloka, S. A., Sunyoto, S., Kamal, M., & Hidayat, K. F. (2015). Pengaruh kerapatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1).
- Poedjirahajoe, E. 2014. *Klasifikasi Habitat Mangrove untuk Pengembangan Silvofishery Kepiting Soka di Pantai Utara Kabupaten Rembang*. Laporan Penelitian DPP: UGM. Yogyakarta.
- Poedjirahajoe, E. 2006. *Klasifikasi Lahan Potensial Untuk Rehabilitasi Mangrove di Pantai Utara, Jawa Tengah*. Yogyakarta: PS Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Poedjirahajoe, E. 2015. *Kriteria Kesesuaian Habitat Mangrove untuk Silvofishery*. Yogyakarta.
- Poedjirahajoe, E., Widyorini, R., & Mahayani, N. P. D. 2011. Kajian ekosistem mangrove hasil rehabilitasi pada berbagai tahun tanam untuk estimasi kandungan ekstrak tanin di pantai utara Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(2), 99-107.
- Purnamawati, A. D., Saputra, S. W., & Wijayanto, D. 2015. Nilai ekonomi hutan mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3), 204-213.
- Romimohtarto, K., dan S. Juwana. 2001. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota*. Jakarta: Laut Djambatan.
- Saparinto, dan Cahyo. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Semarang: Dahar Prize.
- Saraswati, Adinda Arimbi. 2014. *Konsep Pengelolaan Ekosistem Pesisir (Studi Kasus Ulujami, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah)*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sari, R., Marpaung, S. S. M., Has, D. H., & Daulay, A. P. 2023. Evaluation of Planting Success and Mangrove Habitat Suitability in Various Planting Years in Pasar Rawa Village, Langkat Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), 317-322.
- Sari, S. H. J., & Harlyan, L. I. 2015. Kelayakan Kualitas Perairan Sekitar Mangrove Center Tuban Untuk Aplikasi Alat Pengumpul Kerang Hijau (Perna viridis L.). *Research Journal of Life Science*, 2(1), 60-68.
- Siahaan, R., Safrida, S., Rondonuwu, S. B., Leimena, H. E. P., Samsuria, S., Maabuat, P. V. & Umarella, M. I. (2024). *POTENSI, ANCAMAN DAN REHABILITASI LAMUN*. Penerbit Widina.
- Sipayung, R. H., & Poedjirahajoe, E. 2021. Pengaruh Karakteristik Habitat Mangrove Terhadap Kepadatan Kepiting (Scylla Serrata) di Pantai Utara Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Tambora*, 5(2), 21-30.
- Snedaker, S.C. 1978. *Mangrove; Their Value and Perpetuation, Nature & Resources*.
- Sopi, I. I. P., & Kazwaini, M. 2014. Bionomik Anopheles spp. di Desa Konda Maloba, Kecamatan Katikutana Selatan, Kabupaten Sumba Tengah, Provinsi NTT. *Indonesian Journal of Health Ecology*, 13(3), 240-254.
- Wijaya, V., & Sanjoto, T. B. 2024. Analisis Spasial Luasan Hutan Mangrove Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Di Desa Mojo, Kabupaten Pemalang. *Geo-Image Journal*, 13(2), 54-61.