

Pengaruh Tingkat Kerapatan dan Kedewasaan Mangrove dalam Memerangkap Sedimen di Muara Sungai Langsa Kota Langsa Aceh

Erlangga^{1*}, Helmi Gusnita¹, Syahrial¹, Cut M.N. 'Akla¹, Imamshadiqin¹, Riri Ezraneti¹, Rian Firdaus²

¹Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh

Kampus Cot Teungku Nie Reuleut Muara Batu Aceh Utara Provinsi Aceh 24355 Indonesia

²Program Studi Teknologi Produksi Benih dan Pakan Ikan, Politeknik Indonesia Venezuela

Jl. Bandara Sultan Iskandar Muda Cot Suruy Kec. Ingin Jaya, Kab. Aceh Besar Provinsi Aceh 23371 Indonesia

Email: erlangga@unimal.ac.id

Abstract

The Effect of Mangrove Density and Maturity Levels on Sediment Trapping at The Langsa Estuary, Langsa City

In November 2021, a study on the effect of mangrove density and maturity level on sediment trapping in the Langsa River estuary, Langsa City, was conducted with the objective of determining the density, maturity, and rate of sediment deposition around the mangrove forest, as well as the relationship between mangrove density and maturity level and sediment deposition rate. Mangrove vegetation was collected using a 40 m line transect parallel to the river flow and a 10 x 10 m plot, while sediment samples were collected using a sediment trap. The study's findings indicated that mangrove density varied between 675.00 and 1541.67 ind/ha, that mangrove maturity was uneven, with trunk diameters ranging between 4.14 and 9.83 cm and basal areas ranging between 30.45 and 72.93 m²/ha. Meanwhile, sediment deposition rates ranged between 26.94 and 277.73 mg/cm²/day, with a strong correlation between density and maturity of mangrove vegetation (98% and 99%, respectively).

Keywords: mangrove, sedimentation, deposition rate, estuary, Langsa

Abstrak

Penelitian terhadap pengaruh tingkat kerapatan dan kedewasaan hutan mangrove dalam memerangkap sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa dilakukan pada bulan November 2021 dengan tujuan mengetahui tingkat kerapatan, kedewasaan dan laju pengendapan sedimen di sekitar hutan mangrovenya serta untuk mengetahui keterkaitan antara tingkat kerapatan dan kedewasaan hutan mangrove terhadap laju pengendapan sedimennya. Vegetasi mangrove dikumpulkan dengan menarik transek garis sepanjang 40 m yang sejajar dengan aliran sungai dan dibuat plot berukuran 10 x 10 m, sedangkan sampel sedimennya diambil menggunakan sediment trap. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kerapatan mangrovenya berkisar antara 675.00 – 1541.67 ind/ha, kedewasaan mangrovenya tidak merata dengan diameter batangnya berkisar antara 4.14 – 9.83 cm dan basal areanya berkisar antara 30.45 – 72.93 m²/ha. Sementara untuk laju pengendapan sedimennya berkisar antara 26.94 – 277.73 mg/cm²/hari, dimana keterkaitan antara kerapatan dan kedewasaan vegetasi mangrovenya memiliki hubungan yang kuat (masing-masing 98% dan 99%).

Kata kunci: mangrove, sedimentasi, laju pengendapan, estuari, Langsa

PENDAHULUAN

Kerapatan merupakan nilai yang menunjukkan jumlah individu dari jenis-jenis yang menjadi anggota suatu komunitas tumbuhan pada luasan tertentu (Ramadanil, 2022), dimana kerapatan dapat digunakan untuk mendeskripsikan tegakan vegetasi tumbuhan suatu kawasan (Hanafi *et al.*, 2021). Ramadanil (2022) menyatakan bahwa dalam menghitung kerapatan tumbuhan terdapat beberapa kesulitan yaitu 1) memerlukan waktu yang banyak dalam menghitungnya; 2) untuk tanaman/tumbuhan yang merumpun serta menjalar, satuan jenisnya sangat sulit ditentukan; dan 3) harus dibuat suatu perjanjian (konsisten dalam pengamatan) bagi jenis-jenis tumbuhan yang

berada di tepi/pinggir petak contoh saat melakukan pengamatan (seperti daun yang berada di luar petak contoh, sedangkan akar maupun batangnya berada di dalam petak contoh). Sementara untuk kedewasaan merupakan suatu proses perkembangan yang dilakukan oleh organisme, termasuk tumbuhan. Pada tumbuhan, proses pendewasaannya terjadi melalui pertumbuhan dan perkembangan organ-organ dengan kedewasaan suatu tumbuhan ditandai oleh munculnya bunga atau buah untuk melakukan reproduksi.

Mangrove merupakan tumbuhan yang ditemukan antara darat dan laut (pesisir) serta membentuk hutan di daerah tropis maupun subtropis (Baskorowati *et al.*, 2018), kemudian juga membentuk suatu ekosistem dengan komunitas penyusunnya terdiri dari tanaman, hewan dan mikroorganisme yang mampu menyesuaikan diri di lingkungan berfluktuasi (Chakraborty, 2013). Chaudhuri *et al.*, (2014) menyatakan bahwa dalam dekade terakhir, hutan mangrove telah semakin terancam karena tekanan antropogenik; tekanan yang paling umum dialami mangrove adalah adanya kegiatan budidaya, pertanian dan pembangunan perkotaan (Friess & Webb, 2013). Pada tahun 1980 – 1990an, aktivitas budidaya telah menyumbang 54% dari seluruh deforestasi mangrove dunia (Hamilton, 2013), kemudian komoditas pertanian seperti beras dan kelapa sawit, masing-masingnya menyumbang 22% dan 16% dalam mendorong hilangnya mangrove Asia Tenggara (Richards & Friess, 2016), sedangkan perambahan pembangunan perkotaan merupakan salah satu penyebab hilangnya $\frac{1}{4}$ mangrove dunia (Friess & Webb, 2013) dengan lebih dari 100 juta orang tinggal pada jarak 10 km dari kawasan mangrove dan jumlah ini diperkirakan meningkat sekitar 120 juta orang di tahun 2015 (UNEP, 2014). Menurut Du *et al.*, (2013) mangrove memiliki peran penting untuk menjaga keseimbangan ekologi wilayah pesisir. Salah satunya adalah memerangkap sedimen (Kamal *et al.*, 2017).

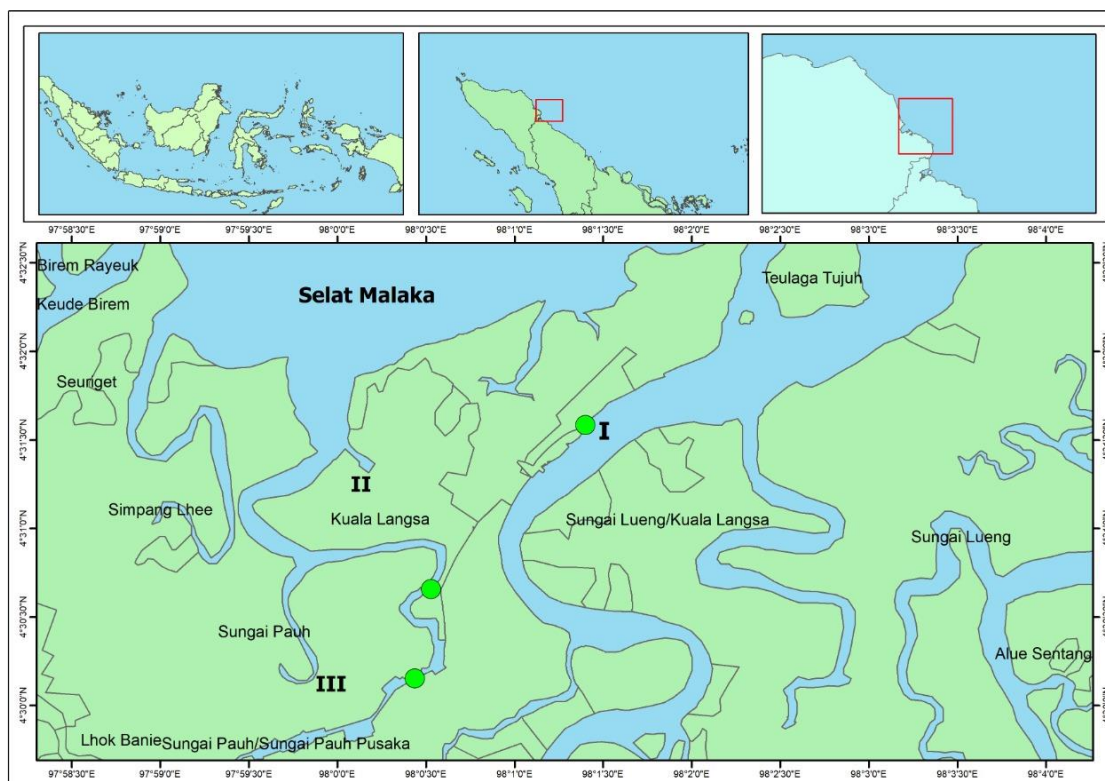
Sedimen merupakan bahan utama pembentuk morfologi (topografi dan batimetri) wilayah pesisir yang berasal dari fragmentasi atau hasil pemecahan batuan, dimana pemecahan batuan tersebut terjadi karena adanya pelapukan (*weathering*) yang terjadi secara fisik, kimiawi dan biologis (DJPRL, 2022). Namun begitu, mangrove secara langsung dapat mempengaruhi karakteristik sedimennya (Lee & Shih, 2004). Kepel *et al.*, (2018) menyatakan bahwa sedimen sangat berperan penting di ekosistem pesisir (termasuk ekosistem mangrove) misalnya dapat menyimpan lebih dari 50% karbon di dalamnya (Murdiyarso *et al.*, 2015) dengan komposisi sedimen mangrove pada umumnya terdiri dari lumpur, tanah liat dan pasir (Ranjan *et al.*, 2010), kemudian sedimen mangrove juga memiliki kapasitas tinggi terhadap pengumpulan bahan yang terbuang ke lingkungan laut sehingga sedimen mangrove diibaratkan sebagai wastafel (bak cuci) dengan sifat umumnya adalah anaerobik, kaya sulfat dan bahan organik (Parvaresh *et al.*, 2010).

Penelitian terhadap mangrove dalam memerangkap sedimen di Provinsi Aceh telah dilakukan oleh Permatasari *et al.*, (2018) di muara Sungai Lamreh Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar. Namun, penelitian mangrove dalam memerangkap sedimen di Kota Langsa Provinsi Aceh belum pernah dilakukan dan masih sangat minim, sehingga penelitian pengaruh tingkat kerapatan dan kedewasaan hutan mangrove dalam memerangkap sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa sangat perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerapatan, kedewasaan dan laju pengendapan sedimen di sekitar hutan mangrove muara Sungai Langsa Kota Langsa serta untuk mengetahui keterkaitan antara tingkat kerapatan dan kedewasaan mangrovenya terhadap laju pengendapan sedimen.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan November 2021 di hutan mangrove muara Sungai Langsa Kota Langsa dengan tiga stasiun pengamatan yaitu Stasiun I berada pada koordinat 04°31'34" LU dan 98°01'21" BT, Stasiun II berada pada koordinat 04°31'13" LU dan 98°00'59" BT dan Stasiun III berada pada koordinat 04°30'28" LU dan 98°01'06" BT (Gambar 1).

Vegetasi mangrove muara Sungai Langsa Kota Langsa dikumpulkan dengan menarik transek garis sejajar aliran sungai sepanjang 40 m, kemudian transek garis tersebut dibuat petak-petak contoh (plot) berukuran 10 x 10 m (SNI, 2011). Selanjutnya, pada masing-masing stasiun pengamatan terdiri dari 3 transek garis dan masing-masing transek garis terdiri dari 4 plot, sehingga jumlah plot



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

pengamatan mangrove keseluruhannya berjumlah 36. Tegakan mangrove yang berada disetiap plot pengamatan, selanjutnya dideterminasi dan diukur keliling batangnya pada setinggi dada (sekitar 1.3 m dari atas tanah untuk anggota genus selain *Rhizophora* atau dari atas akar tertinggi untuk anggota genus *Rhizophora*) (MNLH, 2004), dimana vegetasi mangrove yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah tegakan yang berdiameter batang > 4 cm atau keliling batangnya di atas 13 cm (Bengen, 2001). Untuk mengetahui kerapatan vegetasi mangrove muara Sungai Langsa Kota Langsa dihitung menggunakan persamaan Fachrul (2007), sedangkan untuk mengetahui tingkat kedewasaan vegetasi mangrovenya dihitung menurut persamaan Kasim dan Lamalango (2019) yang berdasarkan nilai basal area. Sementara untuk laju pengendapan sedimen, sampel sedimen diambil menggunakan 4 tabung *sediment trap* pipa paralon di masing-masing transek pengamatan mangrove yang diikat dan disusun pada sebatang kayu pancang, kemudian ditempatkan di sekitar dasar perairan muara Sungai Langsa (ketinggian 20 cm dari dasar perairan) (Rifardi, 2008) dan diambil setiap 7 hari sekali (1 tabung) serta dibawa ke laboratorium untuk dikeringkan (di oven pada suhu 60°C selama 24 jam) dan ditimbang beratnya (English *et al.*, 1997) dengan perhitungan laju pengendapan sedimennya mengacu pada Barus *et al.*, (2018).

Untuk mengetahui keterkaitan antara tingkat kerapatan dan kedewasaan hutan mangrove muara Sungai Langsa Kota Langsa terhadap laju pengendapan sedimennya dianalisis menggunakan statistik regresi linier sederhana dengan program Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan vegetasi mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa memperlihatkan bahwa nilai kerapatannya bervariasi antar stasiun pengamatan, dimana kerapatan tertingginya diperoleh pada Stasiun II (1541.67 ind/ha) dan terendahnya diperoleh pada Stasiun III (675.00 ind/ha) dengan *Rhizophora stylosa* merupakan spesies yang memiliki nilai kerapatan tertinggi di Stasiun I dan III (Tabel

1), sehingga mengindikasikan bahwa spesies *R. stylosa* sangat mendominasi dan dapat memanfaatkan lingkungannya dengan baik (maksimal) di kedua stasiun tersebut. Sementara untuk *R. apiculata* sangat mendominasi dan memanfaatkan lingkungannya secara maksimal hanya di Stasiun II, walaupun di Stasiun I dan III *R. apiculata* memiliki nilai kerapatan tertinggi setelah *R. stylosa*, sedangkan untuk *R. mucronata* kerapatan tertingginya ditemukan pada Stasiun II (150.00 ind/ha) dan di Stasiun I tidak ditemukan tegakan vegetasi *R. mucronata* sebagai penyusun struktur hutan mangrovenya di kawasan tersebut.

Kedewasaan mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa memperlihatkan bahwa rata-rata diameter batang vegetasi mangrovenya berkisar antara 4.14 cm (*Scyphiphora hydrophyllacea* di Stasiun I) hingga 9.83 cm (*R. apiculata* di Stasiun II), dimana rata-rata diameter batang tertingginya ditemukan pada Stasiun II (9.08 cm) dan terendahnya ditemukan pada Stasiun III (5.73 cm) (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan bahwa kedewasaan vegetasi mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa tidak merata serta kedewasaan tertingginya juga ditemukan pada stasiun yang memiliki kerapatan mangrove tertinggi dan kedewasaan terendahnya ditemukan pada stasiun dengan kerapatan mangrovenya terendah. Hal yang sama juga terlihat pada nilai basal areanya, dimana tegakan vegetasi yang kedewasaannya tinggi ditemukan pada stasiun dengan nilai basal area tertinggi, sedangkan tegakan vegetasi yang kedewasaannya rendah ditemukan pada stasiun dengan nilai basal areanya terendah (Gambar 2).

Selain itu, untuk laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa memperlihatkan bahwa kecepatan pengendapannya berkisar antara 26.94 – 277.73 mg/cm²/hari, dimana laju pengendapan sedimen tertingginya ditemukan pada Stasiun III (277.73 mg/cm²/hari) dan terendahnya ditemukan pada Stasiun II (26.94 mg/cm²/hari) (Gambar 3). Tingginya laju pengendapan

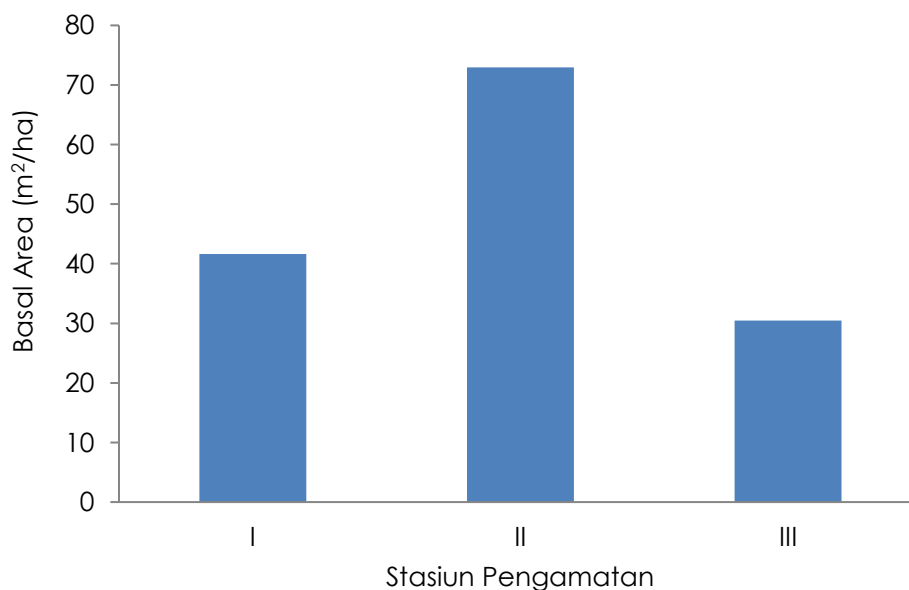
Tabel 1. Kerapatan vegetasi mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa

No	Spesies	Kerapatan (ind/ha)	*Kriteria
Stasiun I			
1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	75.00	Rusak – jarang
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	350.00	Rusak – jarang
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	-
4	<i>Rhizophora stylosa</i>	508.33	Rusak – jarang
5	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	8.33	Rusak – jarang
6	<i>Sonneratia caseolaris</i>	125.00	Rusak – jarang
	Jumlah	1066.67	Baik – sedang
Stasiun II			
7	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	-	-
8	<i>Rhizophora apiculata</i>	891.67	Rusak – jarang
9	<i>Rhizophora mucronata</i>	150.00	Rusak – jarang
10	<i>Rhizophora stylosa</i>	333.33	Rusak – jarang
11	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	166.67	Rusak – jarang
12	<i>Sonneratia caseolaris</i>	-	-
	Jumlah	1541.67	Baik – sangat padat
Stasiun III			
13	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	41.67	Rusak – jarang
14	<i>Rhizophora apiculata</i>	300.00	Rusak – jarang
15	<i>Rhizophora mucronata</i>	16.67	Rusak – jarang
16	<i>Rhizophora stylosa</i>	316.67	Rusak – jarang
17	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	-	-
18	<i>Sonneratia caseolaris</i>	-	-
	Jumlah	675.00	Rusak – jarang

*MNLH (2004)

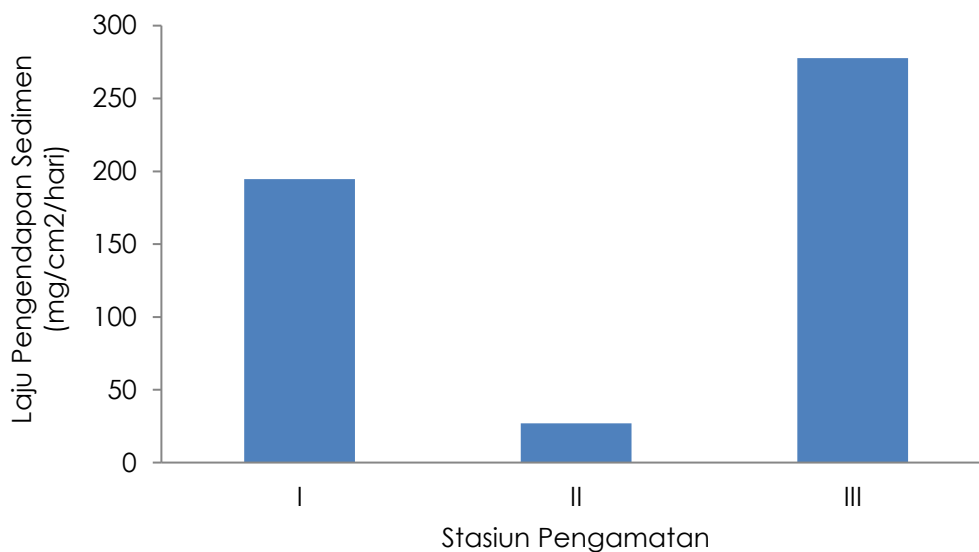
Tabel 2. Kedewasaan spesies mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa berdasarkan diameter batang

No	Spesies	Famili	Diameter Batang (cm)	
			Jumlah	Rata-Rata
<i>Stasiun I</i>				
1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Rhizophoraceae	66.59	6.66
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae	289.46	6.89
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae	-	-
4	<i>Rhizophora stylosa</i>	Rhizophoraceae	411.97	6.75
5	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	Rubiaceae	4.14	4.14
6	<i>Sonneratia caseolaris</i>	Lythraceae	124.46	8.30
	Rata-rata		179.32	6.55
<i>Stasiun II</i>				
7	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Rhizophoraceae	-	-
8	<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae	176.97	9.83
9	<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae	978.57	9.15
10	<i>Rhizophora stylosa</i>	Rhizophoraceae	347.77	8.69
11	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	Rubiaceae	172.83	8.64
12	<i>Sonneratia caseolaris</i>	Lythraceae	-	-
	Rata-rata		419.04	9.08
<i>Stasiun III</i>				
13	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Rhizophoraceae	26.75	5.35
14	<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae	218.06	6.06
15	<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae	10.67	5.33
16	<i>Rhizophora stylosa</i>	Rhizophoraceae	234.52	6.17
17	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	Rubiaceae	-	-
18	<i>Sonneratia caseolaris</i>	Lythraceae	-	-
	Rata-rata		122.50	5.73

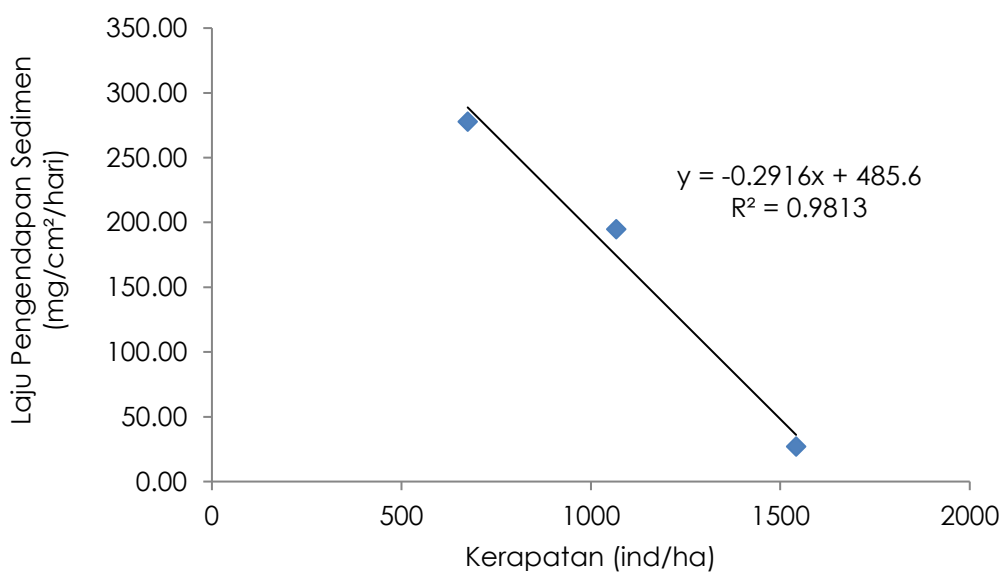


Gambar 2. Kedewasaan vegetasi mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa berdasarkan basal area

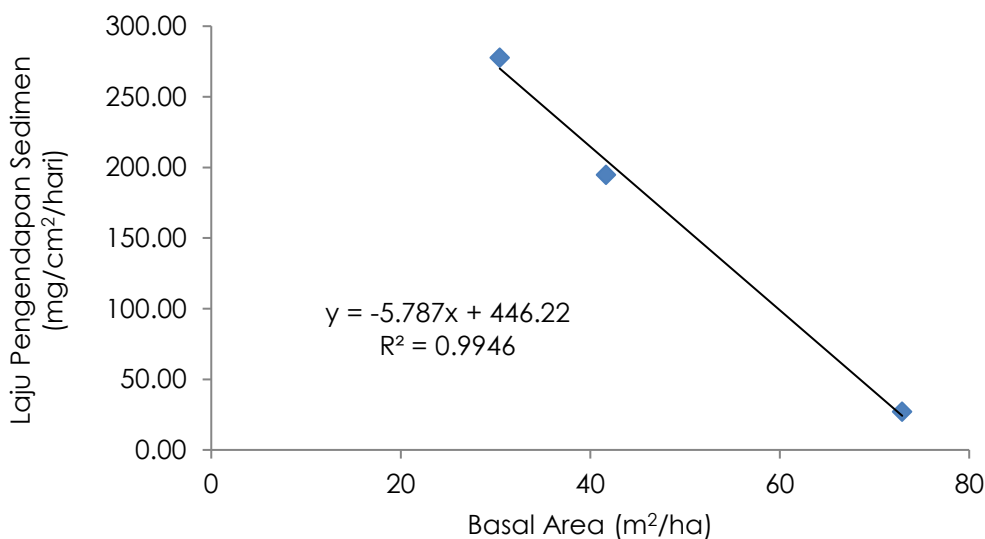
sedimen di Stasiun III disebabkan karena tingkat kerapatan vegetasi mangrovenya juga rendah (675.00 ind/ha), sedangkan rendahnya laju pengendapan sedimen di Stasiun III disebabkan karena tingkat kerapatan vegetasi mangrovenya sangat tinggi (1541.67 ind/ha). Arifin *et al.*, (2019) menyatakan bahwa perakaran mangrove, baik itu akar *pneumatophore* (dimiliki oleh *Avicennia* sp. dan *Sonneratia* sp.) maupun akar tunjang (dimiliki oleh *Rhizophora* sp.) akan membuat tanah/sedimen yang berada di sekitarnya menjadi lebih stabil karena dicengkram oleh akar-akar tersebut. Selanjutnya, Papatungan *et al.*, (2017) juga menyatakan bahwa ekosistem mangrove yang didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp. (memiliki akar tunjang) dapat memerangkap sedimen-sedimen lingkungan. Hal ini sangat sesuai dengan kondisi muara Sungai Langsa Kota Langsa, dimana tegakan vegetasi mangrovenya didominasi oleh anggota dari marga *Rhizophora*.



Gambar 3. Laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa



Gambar 4. Keterkaitan antara kerapatan mangrove dengan laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa



Gambar 5. Keterkaitan antara kedewasaan mangrove dengan laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa

Keterkaitan antara kerapatan mangrove dengan laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa memperlihatkan bahwa keterkaitannya sangat kuat, dimana nilai koefisien determinasi (R^2) mencapai 0.98, sehingga keterkaitannya mempunyai ikatan sekitar 98% (98% laju pengendapan sedimennya sangat dipengaruhi oleh kerapatan mangrove dan dipengaruhi oleh faktor lain) (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kerapatan mangrove, maka laju pengendapan sedimennya juga semakin menurun. Hasil penelitian ini sama dengan hasil yang didapatkan oleh Petra *et al.*, (2012) di pantai Karangsong Kabupaten Indramayu dan Sihombing *et al.*, (2017) di Desa Bedono Demak. Selain itu, untuk keterkaitan antara tingkat kedewasaan vegetasi mangrove dengan laju pengendapan sedimen juga memperlihatkan hasil yang sama yaitu semakin dewasa tegakan vegetasi mangrovenya, maka laju pengendapan sedimennya juga semakin menurun dengan keterkaitannya mempunyai ikatan sekitar 99% (Gambar 5). Roza (2016) menyatakan bahwa bagian dari mangrove yang paling berperan dalam memerangkap sedimen adalah akarnya, dimana akar-akar tersebut berfungsi sebagai perangkap (*trapped*) partikel-partikel sedimen lalu mengendapkannya, sehingga menyebabkan endapan lumpur tidak hanyut oleh arus pasang surut yang masuk ke kawasan mangrove.

KESIMPULAN

Kerapatan vegetasi mangrove di muara Sungai Langsa Kota Langsa bervariasi antar stasiun pengamatan, dimana tingkat kedewasaan vegetasi mangrovenya tidak merata dan kedewasaan tertingginya ditemukan pada kawasan dengan kerapatan mangrove tertinggi, sedangkan laju pengendapan sedimen tertingginya ditemukan pada kawasan yang kerapatan mangrovenya rendah. Selanjutnya, keterkaitan antara kerapatan dan tingkat kedewasaan vegetasi mangrove terhadap laju pengendapan sedimen di muara Sungai Langsa Kota Langsa memiliki hubungan yang sangat kuat, sehingga semakin tinggi kerapatan maupun kedewasaan vegetasi mangrovenya, maka laju pengendapan sedimen juga semakin menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak KPH Wilayah III Aceh yang telah memberi izin, sehingga penelitian ini terlaksana dengan lancar dan baik, kemudian terima kasih juga diucapkan kepada Saudara Danu Septia Nugroho, Jihad Nasuha, Gara Hasonangan Ritonga dan Saparudin yang telah membantu dalam mengambil sampel di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M.Y., Soenardjo, N., & Suryono, C.A. (2019). Hubungan pengendapan suspended sedimen dengan kerapatan mangrove pada perairan Romokalisari, Surabaya. *Marine Research*, 8(4), 355-360. doi: 10.14710/jmr.v8i4.24850.
- Barus, B. S., Prartono, T., & Soedarma, D. (2018). Keterkaitan sedimentasi dengan persen tutupan terumbu karang di perairan Teluk Lampung. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 49-57. doi: 10.29244/jitkt.v10i1.18719.
- Baskorowati, L., Subagya, Mahmud, M., & Susanto, M. (2018). Fenologi pembungaan *Rhizophora mucronata* Lamk. di hutan mangrove Pasuruan, Jawa Timur. *Penelitian Hutan Tanaman*, 15(2), 113-123. doi: 10.20886/jpht.2018.15.2.113-123.
- Bengen, D.G. (2001). Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. IPB Press.
- Chakraborty, S.K. (2013). Interactions of environmental variables determining the biodiversity of coastal-mangrove ecosystem of West Bengal, India. *The Ecoscan*, 3, 251-265.
- Chaudhuri, P., Nath, B., & Birch, G. (2014). Accumulation of trace metals in grey mangrove *Avicennia marina* fine nutritive roots: The role of rhizosphere processes. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 284-292. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.11.024.
- [DJPR] Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). Mengenal Sedimen. Dikunjungi pada <https://kkp.go.id/djpr/artikel/16610-mengenal-sedimen>. Tanggal 10 Maret 2022.
- Du, J., Yan, C., & Li, Z. (2013). Formation of iron plaque on mangrove *Kandalar obovata* (S.L.) root surfaces and its role in cadmium uptake and translocation. *Marine Pollution Bulletin*, 74(1), 105-109. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.07.023.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). Survey Manual for Tropical Marine Resources – Second Edition. ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources, Australian Institute of Marine Science.
- Fachrul, M.F. (2007). Metode Sampling Bioekologi. PT. Bumi Aksara.
- Friess, D.A., & Webb, E.L. (2013). Variability in mangrove change estimates and implications for the assessment of ecosystem service provision. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 715 – 725. doi: 10.1111/geb.12140.
- Hamilton, S. (2013). Assessing the role of commercial aquaculture in displacing mangrove forest. *Bulletin of Marine Science*, 89(2), 585-601. doi: 10.5343/bms.2012.1069.
- Hanafi, I., Subhan, & Basri, H. (2021). Analisis vegetasi mangrove (studi kasus di hutan mangrove Pulau Telaga Tujuh Kecamatan Langsa Barat). *Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 741-748. doi: 10.17969/jimfp.v6i4.18137.
- Kamal, S., Warnken, J., Bakhtiyari, M., & Lee, S.Y. (2017). Sediment distribution in shallow estuaries at fine scale: In situ evidence of the effects of three-dimensional structural complexity of mangrove pneumatophores. *Hydrobiologia*, 803(1), 121-132. doi: 10.1007/s10750-017-3178-3.
- Kasim, F., & Lamalango, A. (2019). Kombinasi metode telusur (*tracking*) dan *Point Centered Quarter* (PCQ) untuk analisis cadangan karbon mangrove Langka Kecamatan Menunggu Kabupaten Boalemo. Laporan Akhir Penelitian Kolaborasi Dosen dan Mahasiswa Dana PNBP Tahun Anggaran 2019. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Negeri Gorontalo.
- Kepel, T.L., Ati, R.N.A., Rahayu, Y.P., & Adi, N.S. (2018). Pengaruh alih fungsi kawasan mangrove pada sifat sedimen dan kemampuan penyimpanan karbon. *Kelautan Nasional*, 13(3), 145-153. doi: 10.15578/jkn.v13i3.6620.
- Lee, H., & Shih, S. (2004). Impacts of vegetation changes on the hydraulic and sediment transport characteristics in Guandu mangrove wetland. *Ecological Engineering*, 23(2), 85-94. doi: 10.1016/j.ecoleng.2004.07.003.
- [MNLH] Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Jakarta.
- Murdiyarsa, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., & Kurnianto, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, 1089-1092. doi: 10.1038/nclimate2734.

- Paputungan, M.S., Koropitan, A.F., Prartono, T., & Lubis A.A. (2017). Profil akumulasi sedimen di area restorasi mangrove Teluk Lembar Pulau Lombok. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 301-313. doi: 10.29244/jitkt.v9i1.17943.
- Parvaresh, H., Abedi, Z., Farshchi, P., Karami, M., Khorasani, N., & Karbassi, A. (2010). Bioavailability and concentration of heavy metals in the sediments and leaves of grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran. *Biological Trace Element Research*, 143(2), 1121-1130. doi: 10.1007/s12011-010-8891-y.
- Petra, J. L., Sastrawibawa, S., & Riyantini, I. (2012). Pengaruh kerapatan mangrove terhadap laju sedimen transpor di pantai Karangsong Kabupaten Indramayu. *Perikanan dan Kelautan*, 3(3), 329-337.
- Ramadanil. (2022). Metode Dalam Penelitian Masyarakat Tumbuhan. Dikunjungi pada <https://stafsite.untad.ac.id/prof-dr-ramadanil-msi/metode-dalam-penelitian-masyarakat-tumbuhan.html#:~:text=Kerapatan%20adalah%20nilai%20yang%20menunjukkan,komunitas%20tumbuhan%20dalam%20luasan%20tertentu>. Tanggal 10 Maret 2022.
- Ranjan, R.K., Routh, J., & Ramanathan, A.L. (2010). Bulk organic matter characteristics in the Pichavaram mangrove – estuarine complex, South-Eastern India. *Applied Geochemistry*, 25(8), 1176-1186. doi: 0.1016/j.apgeochem.2010.05.003.
- Richards, D.R. & Friess, D.A. (2016). Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 113(2), 344-349. doi: 10.1073/pnas.1510272113.
- Rifardi. (2008). *Tekstur Sedimen Sampling dan Analisis*. UNRI Press.
- Roza, S.Y. (2016). *Kontribusi mangrove dalam memerangkap sedimen di wilayah pesisir Kota Dumai*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor [tesis].
- Sihombing, Y.H., Muskananfolo, M.R., & A'in, C. (2017). Pengaruh kerapatan mangrove terhadap laju sedimentasi di Desa Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources*, 6(4), 536-545. doi: 10.14710/marj.v6i4.21346.
- [UNEP] The United Nations Environment Programme. (2014). *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action*. Cambridge. 128p.