

Distribusi Unsur Hara di Pesisir Desa Buruk Bakul, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau

Sefni Hendris^{1,2*}, Dessy Yoswaty¹, Irvina Nurrachmi¹, Nabila Afifah Azuga^{1,2}, Rianti Putri¹,
Bella Billiant J Ananta Kembaren¹, Ardi Gustri Purbata³

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau

²Center for Peatland and Disaster Studies, LPPM University of Riau

³Departemen Sosial Ekonomi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5, Simpang Baru, Kecamatan Bina Widya, Pekanbaru, Riau 28293 Indonesia
Corresponding author, e-mail : sefnihendris@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini mengkaji bagaimana nitrogen (N), fosfor (P), dan karbon organik (C) tersebar di sedimen pesisir Desa Buruk Bakul, Bengkalis. Daerah ini sangat menarik karena punya gabungan ekosistem: muara, mangrove alami, area rehabilitasi mangrove, dan tambak udang. Fokus utama adalah mencari tahu bagaimana kandungan N, P, dan C organik berbeda-beda di berbagai tempat, dan apa pengaruh kegiatan manusia serta kondisi ekosistem terhadap unsur-unsur tersebut. Sampel diambil dari empat lokasi yang berbeda, lalu dianalisis di laboratorium menggunakan metode standar untuk mengukur kadar nitrat, amonia, fosfat, dan karbon organik. Data diolah dengan menghitung persentase unsur hara dan perbandingan C:N:P. Hasilnya, karbon (C) adalah unsur yang paling banyak ditemukan di semua lokasi. Kandungan C tertinggi ada di hutan mangrove (0,007884%). Nitrogen (N) paling tinggi di area tambak stasiun 4, diduga karena limbah pakan dan aktivitas budidaya. Sementara itu, fosfor (P) paling rendah, hanya sekitar 0,000003–0,000010%, dan cenderung terikat kuat pada sedimen. Perbandingan C:N:P menunjukkan ketidakseimbangan, khususnya di ekosistem mangrove. Ini mungkin disebabkan oleh banyaknya serasah yang kualitasnya kurang baik dan proses penguraian yang lambat. Di tambak udang, kadar nitrogen meningkat sehingga menurunkan rasio C:N. Area rehabilitasi menunjukkan akumulasi unsur hara yang masih rendah, menandakan ekosistemnya belum stabil. Perbedaan jenis ekosistem dan aktivitas manusia sangat memengaruhi sebaran unsur hara. Informasi tentang distribusi C, N, dan P ini penting sebagai dasar untuk mengelola kualitas lingkungan dan memantau kesehatan ekosistem pesisir di Bengkalis.

Kata kunci: sedimen pesisir; nitrogen; fosfor; karbon organik; rasio C:N:P

Distribution of Nutrients in The Coastal Area Of Buruk Bakul Village, Bengkalis Regency, Riau Province

ABSTRACT: This study aimed to analyze the distribution of nitrogen (N), phosphorus (P), and organic carbon (C) in the coastal sediments of Buruk Bakul Village, Bengkalis Regency, which consists of estuary, natural mangrove, mangrove rehabilitation, and shrimp pond ecosystems. The study focused on spatial variations of nutrients and the influence of anthropogenic activities and ecosystem conditions on N, P, and organic C content. Sediment samples were collected from four observation stations using purposive sampling and analyzed in the laboratory following APHA and SNI procedures for nitrate, ammonia, phosphate, and organic carbon determination. Quantitative descriptive analysis was performed by calculating nutrient percentages and C:N:P ratios. Results showed that carbon was the dominant component at all stations, with the highest value recorded in the mangrove forest (0.007884%). Nitrogen was highest in shrimp ponds due to feed waste and aquaculture activities, whereas phosphorus had the lowest concentration (0.000003–0.000010%) because of strong binding to sediments. The C:N:P ratios indicated significant imbalance, particularly in mangrove ecosystems, reflecting the dominance of low-quality litter and slow decomposition. Shrimp ponds showed increased nitrogen that lowered the C:N ratio, while the rehabilitation area had low nutrient accumulation in line with the developing ecosystem. So, nutrient distribution in sediments is strongly influenced by ecosystem type and human activities. These findings provide essential information for environmental management and monitoring of coastal ecosystem health in Bengkalis.

Keywords: coastal sediment; nitrogen; phosphorus; organic carbon; C:N:P ratio

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan ekosistem peralihan yang memiliki peran penting dalam mendukung keseimbangan biogeokimia global. Di daerah ini, terjadi interaksi dinamis antara faktor darat dan laut yang berpengaruh terhadap siklus unsur hara seperti karbon (C), nitrogen (N), dan fosfor (P) (Schlesinger & Bernhardt, 2020). Ketiga unsur tersebut berperan dalam mendukung produktivitas primer, pertumbuhan fitoplankton, serta menjaga stabilitas ekosistem akuatik. Namun, aktivitas antropogenik seperti konversi lahan mangrove menjadi tambak, pembuangan limbah organik, dan aliran nutrisi dari daratan dapat mengubah keseimbangan alami distribusi unsur hara di wilayah pesisir (Tong *et al.*, 2024).

Distribusi C, N, dan P di lingkungan pesisir sangat dipengaruhi oleh proses alami dan kegiatan manusia. Kandungan unsur hara dalam sedimen misalnya, dapat meningkat akibat penumpukan bahan organik dari serasah mangrove dan limbah tambak (Maslukah *et al.*, 2016).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik penggunaan lahan, seperti hutan mangrove alami, area rehabilitasi, serta tambak udang, memberikan pengaruh yang nyata terhadap variasi kandungan unsur hara pada sedimen (El- Zeiny *et al.*, 2023). Selain itu, kondisi fisika-kimia seperti pH, tekstur sedimen, dan tingkat oksigen terlarut turut menentukan distribusi unsur N, P, dan C organik (Wang *et al.*, 2023).

Menurut teori biogeokimia, keseimbangan unsur hara di perairan dapat dinilai melalui rasio C:N:P yang merepresentasikan ketersediaan relatif karbon organik, nitrogen, dan fosfor dalam sistem perairan. Rasio Redfield (106:16:1) sering digunakan sebagai acuan ideal bagi keseimbangan unsur hara di laut (Redfield, 2020). Ketidakseimbangan rasio tersebut dapat mengindikasikan kondisi eutrofik, keterbatasan nutrisi tertentu, atau gangguan antropogenik pada ekosistem pesisir (Xiao *et al.*, 2023). Oleh karena itu, analisis kandungan dan rasio unsur hara dalam sedimen merupakan salah satu pendekatan penting untuk memahami dinamika nutrisi di kawasan pesisir tropis (Zhang *et al.*, 2022).

Desa Buruk Bakul di Kabupaten Bengkalis merupakan wilayah pesisir yang unik karena memiliki zona muara, hutan mangrove, area rehabilitasi, dan tambak udang yang saling berdekatan. Aktivitas masyarakat seperti budidaya perikanan dan pemanfaatan sumber daya pesisir berpotensi memengaruhi masukan nutrisi ke lingkungan perairan Simbolon *et al.* (2022). Kondisi tersebut menjadikan kawasan ini representatif untuk meneliti hubungan antara aktivitas manusia dengan distribusi unsur hara dalam sedimen.

Penelitian sebelumnya oleh Hendris *et al.* (2024) menemukan bahwa kandungan unsur C, N, dan P pada sedimen laut di hutan mangrove Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, menunjukkan variasi spasial yang signifikan dan dipengaruhi oleh kondisi ekosistem mangrove (Hendris *et al.*, 2024). Namun, kajian sejenis belum banyak dilakukan di wilayah pesisir terbuka seperti Desa Buruk Bakul yang memiliki kombinasi ekosistem mangrove dan tambak udang. Dengan demikian, penelitian ini penting untuk memperluas pemahaman mengenai pola distribusi unsur hara di lingkungan pesisir yang mengalami tekanan antropogenik dan perubahan penggunaan lahan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup tiga aspek utama, yaitu bagaimana distribusi unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan karbon (C) organik pada beberapa lokasi di pesisir Desa Buruk Bakul, sejauh mana aktivitas manusia serta kondisi ekosistem memengaruhi kandungan unsur hara tersebut, dan bagaimana status kualitas ekosistem pesisir Desa Buruk Bakul berdasarkan distribusi unsur hara yang terukur. Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar unsur N, P, dan C organik pada beberapa titik pengamatan di wilayah pesisir Desa Buruk Bakul, mengkaji pengaruh perbedaan kondisi lingkungan dan aktivitas antropogenik antar lokasi terhadap variasi kandungan unsur hara, serta menginterpretasikan distribusi unsur hara tersebut sebagai indikator dalam menilai kualitas ekosistem pesisir Desa Buruk Bakul.

Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami dinamika biogeokimia pesisir tropis serta menjadi dasar bagi pengelolaan lingkungan berkelanjutan di wilayah Kabupaten Bengkalis. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi kegiatan pemantauan kualitas sedimen dan upaya konservasi ekosistem pesisir di Indonesia bagian barat.

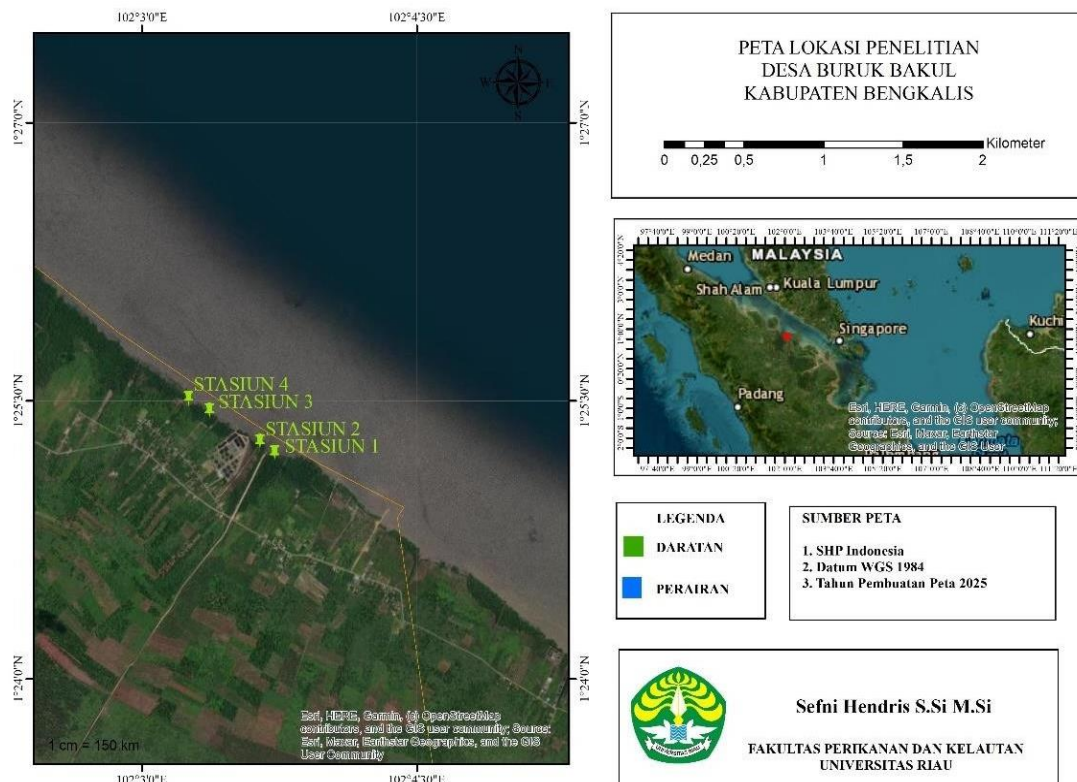
MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus–Oktober 2025 di perairan pesisir Desa Buruk Bakul, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Lokasi ini dipilih karena mewakili berbagai tipe ekosistem pesisir seperti muara, hutan mangrove alami, area rehabilitasi mangrove, dan tambak udang. Setiap stasiun memiliki karakteristik berbeda dari segi masukan bahan organik, aktivitas manusia, serta keterbukaan terhadap dinamika pasang surut (Dharmayasa *et al.*, 2025).

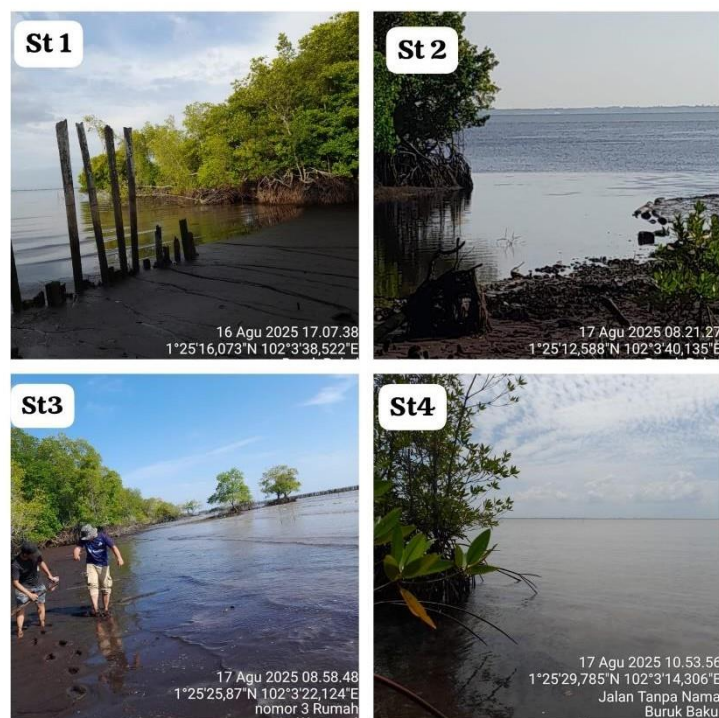
Penentuan lokasi dilakukan dengan metode purposive sampling berdasarkan perbedaan kondisi ekosistem dan tingkat aktivitas antropogenik. Empat stasiun pengamatan ditetapkan, yaitu: St1 muara, pertemuan antara sungai dan laut yang menerima limpasan daratan; St2 kawasan hutan mangrove, ekosistem alami dengan banyak serasah daun mangrove; St3 rehabilitasi mangrove, area tanam ulang mangrove dengan vegetasi mangrove muda; dan St4 tambak udang, perairan yang berdekatan dengan kegiatan budidaya intensif.

Keempat stasiun tersebut ditunjukkan secara spasial pada Gambar 1, yang menggambarkan sebaran lokasi penelitian di sepanjang pesisir Desa Buruk Bakul, dengan posisi relatif terhadap garis pantai, aliran sungai, dan kawasan mangrove.

Sampel air laut diambil menggunakan botol Niskin berkapasitas 1 liter pada kedalaman sekitar 30 cm dari permukaan air untuk menghindari pengaruh udara. Botol polietilen yang digunakan telah dibilas dengan larutan HCl 10% dan air suling sebelum digunakan. Setelah pengambilan, sampel disimpan dalam *cool box* bersuhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$ untuk menjaga kestabilan komponen kimia air. Kondisi visual dari masing-masing stasiun pengamatan ditunjukkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan karakteristik perbedaan ekosistem di lokasi penelitian, mulai dari muara, tambak udang, hingga area mangrove alami dan rehabilitasi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Stasiun 1 (Muara Sungai), Stasiun 2 (Hutan Mangrove), Stasiun 3 (Rehabilitasi Maggrove), Stasiun 4 (Tambak Udang)

Seluruh sampel kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Laut, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, menggunakan prosedur standar analisis kimia perairan sesuai dengan APHA (2017) serta Standar Nasional Indonesia (SNI 06-6989 seri) untuk pengujian nitrat, amonia, dan fosfat (APHA, 2017, BSN 2004, BSN 2005a). Analisis kandungan nitrogen dilakukan untuk mengetahui total nitrogen anorganik (Total Inorganic Nitrogen, TIN) yang terdiri atas senyawa nitrat (NO_3^- -N) dan amonia (NH_3 -N). Kedua parameter ini dianalisis secara terpisah dan hasilnya dijumlahkan untuk memperoleh total nitrogen, yang kemudian dikonversi menjadi persen nitrogen (%N) terhadap berat sampel kering.

Penentuan kadar nitrat dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.31-2004 dengan metode reduksi kolom kadmium (Cd). Prinsip metode ini adalah reduksi nitrat (NO_3^-) menjadi nitrit (NO_2^-) oleh kolom kadmium dalam kondisi asam. Sebanyak 50 mL sampel air laut ditambahkan 5 mL HCl 0,1 N untuk menurunkan pH, kemudian dialirkan melalui kolom berisi granula kadmium selama ± 5 menit. Setelah reduksi, sampel dipindahkan ke tabung reaksi dan ditambahkan 2 mL larutan EDTA 0,01 M untuk mengikat ion logam, diikuti 2 mL larutan sulfanilamid 0,2% dan 2 mL larutan N-1- naftil etilendiamin (naphthylamine) 0,1%. Campuran dibiarkan selama 10 menit hingga terbentuk warna merah muda yang intensitasnya sebanding dengan konsentrasi nitrit. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 540 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan konsentrasi nitrat ditentukan dengan membandingkan nilai absorbansi terhadap kurva kalibrasi standar (BSN, 2004). Kandungan amonia dianalisis menggunakan metode Nessler berdasarkan SNI 06-6989.30-2005. Prinsip metode ini adalah reaksi antara ion amonium (NH_4^+) dengan reagen Nessler (kalium merkuri iodida dalam suasana basa) yang menghasilkan kompleks berwarna kuning kecokelatan. Sebanyak 50 mL sampel air laut dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1 mL larutan NaOH 10% untuk menciptakan suasana basa, kemudian diteteskan 1 mL reagen Nessler. Campuran dibiarkan selama 10 menit agar reaksi berlangsung sempurna. Intensitas warna yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 425 nm, dan konsentrasi amonia dihitung berdasarkan kurva standar (BSN, 2005a).

Kandungan fosfor ditentukan dengan metode asam askorbat berdasarkan pembentukan kompleks fosfomolibdenum biru. Sampel disaring terlebih dahulu menggunakan kertas Whatman GF/C, kemudian direaksikan dengan campuran ammonium molibdat, antimony potassium tartrate, dan asam askorbat dalam suasana asam. Intensitas warna biru yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 880 nm. Konsentrasi fosfor dihitung berdasarkan kurva standar dan dikonversi menjadi persen (%P) (Boyd, 2020)

Analisis karbon organik dilakukan dengan metode Walkley dan Black, yang melibatkan oksidasi bahan organik menggunakan larutan K₂Cr₂O₇ 1 N dalam suasana asam pekat (H₂SO₄). Sebanyak 10 mL sampel air direaksikan dengan campuran tersebut, lalu didiamkan selama 30 menit untuk memastikan proses oksidasi sempurna. Sisa larutan K₂Cr₂O₇ yang tidak bereaksi dititrasi menggunakan FeSO₄ 0,5 N hingga perubahan warna dari hijau kebiruan menjadi coklat muda. Persentase karbon organik (%C) dihitung berdasarkan perbedaan antara jumlah oksidator awal dan sisa setelah reaksi.

Nilai kandungan unsur hara (%N, %P, dan %C) di setiap stasiun dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk melihat variasi spasial antar ekosistem. Data disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang untuk memperlihatkan pola distribusi antar stasiun. Rasio C:N:P dihitung untuk menggambarkan keseimbangan nutrisi antar lokasi pengamatan. Rasio dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Rasio C: N: P} = \frac{\%C}{\%N} : \frac{\%N}{\%P}$$

Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (triplo) untuk memastikan akurasi dan presisi hasil. Kalibrasi alat seperti buret titrasi dan spektrofotometer dilakukan sebelum setiap sesi analisis. Semua data yang diperoleh disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (% berat terhadap volume air laut) dengan standar deviasi untuk menunjukkan konsistensi pengukuran (BSN, 2005b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebaran unsur karbon, nitrogen, dan fosfor pada empat stasiun memperlihatkan pola yang tidak seragam dan mencerminkan karakteristik ekologis masing-masing lokasi. Persentase karbon muncul sebagai komponen terbesar pada seluruh stasiun, jauh melampaui nilai nitrogen dan fosfor. Ketimpangan ini menunjukkan bahwa sedimen didominasi oleh bahan organik yang berasal dari masukan serasah dan detritus mangrove yang lambat terdekomposisi. Nilai pada Tabel 1 menunjukkan bahwa meskipun antar stasiun tidak memiliki perbedaan ekstrem, proporsi karbon selalu berada pada posisi tertinggi.

Nilai karbon tertinggi ditemukan pada stasiun hutan mangrove sebesar 0,007884%, diikuti oleh muara 0,007642%, tambak udang 0,006500%, dan rehabilitasi mangrove 0,006223%. Kandungan nitrogen berkisar antara 0,000061–0,000177%, sedangkan fosfor menunjukkan kisaran yang lebih rendah yaitu 0,000003–0,000010%. Rendahnya kadar N dan P dibandingkan dengan C menandakan bahwa proses mineralisasi unsur hara masih terbatas dan sebagian besar bahan organik masih dalam bentuk kompleks yang sulit terurai (Alongi, 2020).

Stasiun 2 mencatat kandungan karbon tertinggi, yang mengindikasikan suplai serasah yang intens dan proses penumpukan detritus yang berlangsung secara konsisten. Sebaliknya, Stasiun 3 yang merupakan kawasan rehabilitasi menunjukkan kandungan karbon yang lebih rendah. Kondisi ini dapat terjadi karena vegetasi hasil rehabilitasi belum sepenuhnya mencapai struktur kanopi dan biomassa akar yang mampu menahan sedimen secara optimal. Vegetasi yang masih muda biasanya belum menghasilkan serasah dalam jumlah besar sehingga akumulasi karbon di sedimen lebih rendah dibandingkan hutan mangrove dewasa (Alongi, 2020).

Nilai nitrogen juga memperlihatkan variasi antarlokasi. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada stasiun 2, yang mengindikasikan pengaruh aktivitas budidaya. Limbah pakan dan sisa metabolisme organisme akuatik berpotensi meningkatkan nitrogen terlarut maupun nitrogen

organik yang akhirnya mengendap dalam sedimen. Peningkatan unsur ini tidak diikuti oleh kenaikan karbon yang setara, sehingga rasio C:N menjadi sangat besar. Situasi ini mencerminkan bahwa proses dekomposisi tidak mampu menyeimbangkan kelebihan bahan organik yang masuk ke lingkungan tambak (Wang *et al.*, 2021).

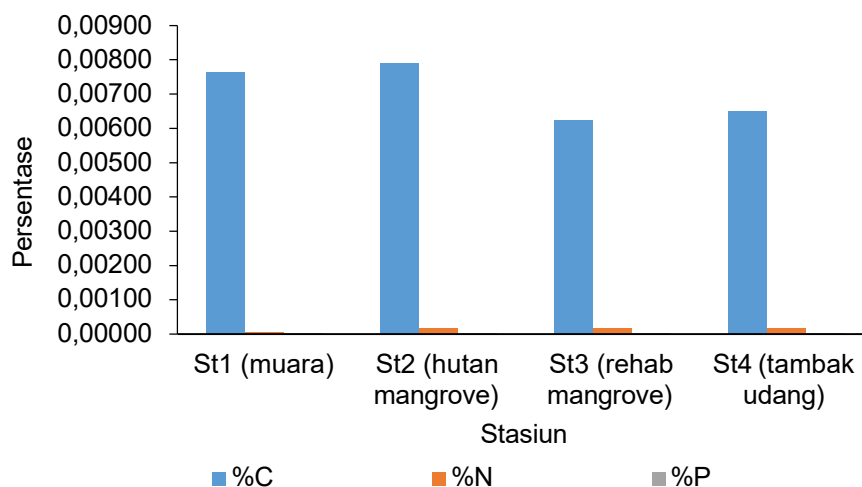
Kandungan fosfor pada semua stasiun jauh lebih rendah daripada karbon dan nitrogen. Rendahnya nilai fosfor dapat berkaitan dengan sifat fosfat yang mudah terikat oleh mineral sedimen halus, sehingga ketersediaannya dalam bentuk terlarut terbatas. Pada ekosistem mangrove, fosfor sering berada dalam bentuk yang terjerap kuat dan hanya dilepaskan secara perlahan melalui proses desorpsi atau perubahan kondisi redoks. Oleh karena itu, peran fosfor dalam dinamika unsur hara sedimen biasanya menunjukkan fluktuasi kecil dan lebih stabil dibandingkan karbon dan nitrogen (Li *et al.*, 2022).

Hubungan proporsional antarunsur ditampilkan secara visual pada Gambar 3, yang menunjukkan bahwa karbon memiliki dominasi yang sangat besar terhadap nitrogen dan fosfor di semua stasiun. Perbedaan yang mencolok antara %C dan %N/ %P mempertegas bahwa dinamika bahan organik di sedimen mangrove lebih dikendalikan oleh proses akumulasi detritus dibandingkan oleh aktivitas mikroba (Wang *et al.*, 2021). Nilai yang tinggi di hutan mangrove mencerminkan kontribusi input serasah daun yang intens, sedangkan nilai lebih rendah pada area rehabilitasi menunjukkan proses suksesi ekosistem yang masih berlangsung.

Variasi spasial antarstasiun juga menunjukkan pengaruh hidrodinamika dan aktivitas manusia. Pada muara, laju pencucian yang tinggi menyebabkan berkurangnya karbon yang dapat mengendap bersama sedimen (Zhang *et al.*, 2023). Tambak udang memiliki konsentrasi nitrogen yang lebih besar akibat masukan eksternal. Pada rehabilitasi, jumlah unsur hara rendah menggambarkan produktivitas yang masih terbatas dan belum stabil sebagaimana ekosistem mangrove dewasa (Hidayati *et al.*, 2021).

Tabel 1. Persentase unsur C, N, dan P serta rasio C:N:P di empat stasiun pengamatan

Stasiun	%C	%N	%P	Rasio C:N:P
St1	0,007642	0,000061	0,000010	784 : 6.30 : 1
St2	0,007884	0,000177	0,000003	2861 : 64.15 : 1
St3	0,006223	0,000166	0,000003	2056 : 54.92 : 1
St4	0,006500	0,000173	0,000003	2136 : 56.80 : 1



Gambar 3. Persentase unsur C, N, dan P pada sedimen di empat stasiun pengamatan.

Rasio C:N:P memberikan gambaran penting mengenai kualitas bahan organik dan tingkat dekomposisinya. Secara umum, rasio C:N di stasiun hutan mangrove lebih tinggi dibandingkan lokasi lain, yang menunjukkan dominasi bahan organik berkualitas rendah atau kaya lignoselulosa dari serasah daun. Rasio semacam ini lazim pada ekosistem mangrove alami, di mana proses dekomposisi berlangsung lambat akibat kondisi anaerob dan tingginya kandungan tannin (Alongi, 2020).

Pada Stasiun 1, rasio C:N lebih rendah karena tingginya pencucian dan pencampuran sedimen oleh arus, sehingga bahan organik yang tertinggal cenderung lebih terdekomposisi. Sebaliknya, tambak udang memiliki rasio C:N lebih rendah daripada hutan mangrove tetapi lebih tinggi daripada muara, menunjukkan adanya kontribusi nitrogen reaktif dari aktivitas budidaya.

Rasio C:P dan N:P juga mencerminkan pola serupa. Nilai rasio C:P tertinggi ditemukan pada hutan mangrove, menandakan fosfor menjadi unsur pembatas karena terikat kuat pada sedimen anaerob. Pada area rehabilitasi, rasio C:P dan N:P cenderung lebih rendah, menggambarkan ekosistem yang masih berkembang dan belum memiliki akumulasi hara sebesar hutan mangrove dewasa.

Pada hutan mangrove, kandungan C yang sangat tinggi disertai rendahnya N dan P menghasilkan rasio yang besar, mencerminkan dominasi serasah berkualitas rendah serta proses dekomposisi yang berlangsung lambat. Sebaliknya, Stasiun 1 memiliki rasio yang lebih kecil karena bahan organik yang tertinggal telah lebih terdegradasi akibat pengaruh pasang surut dan dinamika arus. Pada Stasiun 4, rasio C:N cenderung menurun karena peningkatan nitrogen yang berasal dari input antropogenik seperti pakan dan limbah budidaya. Adapun area rehabilitasi memperlihatkan rasio yang relatif rendah, sejalan dengan produktivitas yang belum optimal dan akumulasi serasah yang masih terbatas pada ekosistem yang sedang mengalami pemulihan struktur. Pola ini mempertegas bahwa struktur hara di sedimen mangrove sangat dipengaruhi interaksi antara sumber bahan organik, tingkat gangguan, dan kondisi hidrodinamika (Gao *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan unsur C, N, dan P dalam sedimen di empat stasiun pengamatan memiliki variasi yang mencerminkan perbedaan karakteristik ekologis dan tingkat gangguan antropogenik. Karbon muncul sebagai unsur dominan pada seluruh stasiun, terutama pada hutan mangrove yang memiliki suplai serasah tinggi dan proses dekomposisi lambat. Perbandingan rasio C:N:P mengindikasikan bahwa dinamika unsur hara di sedimen mangrove lebih dikendalikan oleh akumulasi detritus daripada aktivitas mineralisasi. Tambak udang menunjukkan peningkatan nitrogen akibat input antropogenik, sedangkan area rehabilitasi memperlihatkan rasio yang rendah sejalan dengan kondisi ekosistem yang masih berkembang. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa struktur sedimen dan fungsi ekosistem mangrove sangat berpengaruh terhadap distribusi C, N, dan P, sehingga informasi ini penting sebagai dasar pengelolaan dan pemantauan kualitas ekosistem pesisir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh pendanaan DIPA Universitas Riau Tahun Anggaran 2025 dengan Nomor Kontrak 29163/UN19.5.1.3/AL.04/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D.M. 2020. Carbon balance in mangrove forests: A global assessment of carbon fluxes. *Carbon Balance and Management*, 15(1): 24. DOI: 10.1186/s13021-020-00155-7
- APHA, AWWA, & WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edn. American Public Health Association. Washington, D.C.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2004. SNI 06-6989.31-2004: Air dan air limbah – Bagian 31:

- Cara uji nitrat (NO_3^-) dengan reduksi kolom kadmium (Cd). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2005a. SNI 06-6989.30-2005: Udara dan limbah udara – Bagian 30: Cara uji amonia (NH_3) dengan metode Nessler. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2005b. SNI 06-6989.31-2005: Air dan air limbah – Bagian 31: Cara uji kadar fosfat dengan metode asam askorbat secara spektrofotometri. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Boyd, C.E. 2020. Water quality: An introduction. 3rd edn. Springer. Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-23335-8
- Dharmayasa, I.G.N.P., Dewi, S.P., Helmi, M., & Radiarta, I.N. 2025. Bahan organik tanah pada mangrove alami dan direhabilitasi: Rasio C, N, dan P. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1): 33–42. DOI: 10.25105/jetl.v18i1.21447
- El-Zeiny, A.M., & El-Kafrawy, S.B. 2023. Water quality assessment of Burullus Lake, Egypt using GIS and remote sensing. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(3): 245–256. DOI: 10.1016/j.ejrs.2023.01.001
- Gao, D., Li, X., Li, X., & Wu, J. 2022. Effects of different restoration modes on soil C, N, P and their stoichiometry in mangrove wetlands. *Catena*, 213: 106180. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106180
- Hendris, S., Yoswaty, D., Siregar, Y.I., & Mubarak, M. 2024. Analisis kandungan unsur hara (C, N, dan P) pada sedimen laut di hutan mangrove Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 12(3): 348–353. DOI: 10.31258/jipas.12.3.p.348-353
- Hidayati, N., Hidayat, J.W., & Murningsih, M. 2021. Carbon, nitrogen and phosphorus content in mangrove sediments of Tapak, Semarang, Indonesia. *Journal of Marine Research*, 10(2): 275–282. DOI: 10.14710/jmr.v10i2.28586
- Li, P., Zhang, J., Li, Y., Zhang, Y., & Wang, Y. 2022. Carbon sequestration in the sediments of a restored mangrove forest in the Zhangjiang Estuary, China. *Science of the Total Environment*, 838: 156475. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156475
- Maslukah, L., Rijoly, F., & Wulandari, S.Y. 2016. Sebaran nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4) di perairan Karangsong Kabupaten Indramayu. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 31–37. DOI: 10.14710/buloma.v5i1.11296
- Redfield, A.C. 2020. The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46(3): 205–221.
- Schlesinger, W.H., & Bernhardt, E.S. 2020. Biogeochemistry: An analysis of global change. 4th edn. Academic Press.
- Simbolon, A.R., Rifardi, R., & Tanjung, A. 2022. Spatial distribution of nitrates and phosphates in the waters of Dumai City, Riau Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118(1): 012019. DOI: 10.1088/1755-1315/1118/1/012019
- Tong, Y., Kong, X., Oliveri, M.C., Wang, J., Pei, W., Li, Y., Zhang, Z., Wang, Y., Liu, X., Zhang, W., Mortimer, R.J.G., & Zheng, Y. 2024. Nitrogen and phosphorus trends in lake sediments of China may diverge. *Communications Earth & Environment*, 5(1): 147. DOI: 10.1038/s43247-024-01310-y
- Wang, F., Sanders, C.J., Santos, I.R., Tang, J., Kumwenda, S., Liu, J., & Li, L. 2023. Distribution characteristics of soil organic carbon fractions and their response to environmental factors in mangrove wetlands. *Catena*, 223: 106935. DOI: 10.1016/j.catena.2023.106935
- Wang, R., Li, Q., Li, Y., Wang, X., Li, X., & Zhang, L. 2021. Distribution and ecological risk assessment of carbon, nitrogen and phosphorus in surface sediments of the intertidal zone of the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 170: 112656. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112656
- Xiao, W., Liu, X., Zhang, Y., & Wang, Q. 2023. Spatiotemporal variations of nutrients and water quality in the coastal waters of Bohai Bay, China. *Water*, 15(3): 488. DOI: 10.3390/w15030488
- Zhang, J., Zhang, Y., Zhang, Y., & Li, J. 2022. Nutrient fluxes across the sediment-water interface in the Bohai Sea coastal zone, China. *Marine Pollution Bulletin*, 174: 113175. DOI:

10.1016/j.marpolbul.2021.113175

Zhang, T., Xu, S., Wang, Y., Li, X., & Zhang, L. 2023. Distribution and pollution assessment of nitrogen and phosphorus in surface sediments of the Laizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 189: 114758. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114758