

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**  
**KEGIATAN HIBAH PENELITIAN *ISLAMIC DEVELOPMENT BANK* (IsDB)**  
**UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN ANGGARAN 2021**



**ESTIMASI FLUKS UNSUR HARA DI PERAIRAN ESTUARI UTARA DELTA  
MAHAKAM, KALIMANTAN TIMUR**

**Tim Peneliti:**

**Prof. Dr. Ir. H. Iwan Suyatna, M.Sc., DEA., IPU. (NIP 195708131985031007)**  
**Mohammad Sumiran Paputungan, S.Kel., M.Si. (NIP 199109212019031023)**  
**Widya Kusumaningrum, S.Pi., M.Si. (NIP 201602198608022001)**

**UNIVERSITAS MULAWARMAN**

**2021**

**HASIL PENELITIAN KEGIATAN HIBAH PENELITIAN ISDB PROGRAM  
UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2021**

**1. KETERANGAN UMUM**

- a. Nama Satuan Kerja : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman
- b. Tema : Kemaritiman
- c. Alamat : Jl. Gunung Tabur, Kampus UNMUL Gunung Kelua Samarinda Kalimantan Timur (75123)
- d. Email : fak.perikanan@fpik.unmul.ac.id

**2. DATA KEGIATAN**

- a. Jenis kegiatan : Penelitian lapangan dan laboratorium
- b. Lama kegiatan : 4 bulan (2021)
- c. Nama Ketua Peneliti : Prof. Dr. Ir. H. Iwan Suyatna, M.Sc., DEA., IPU
- d. No. Telp/Email : +62 81347935111 / iwansuyatna123@gmail.com;  
isuyatna@ymail.com
- e. Peneliti anggota : 2 orang
- f. Biaya kegiatan : Rp 30.000.000,-

Samarinda, 16 Desember 2021

Menyetujui,  
Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Mulawarman

Ketua Peneliti



Dr. Ir. Komsanah Sukarti, MP.  
NIP. 196405101989032003

Prof. Dr. Ir. H. Iwan Suyatna, M.Sc., DEA., IPU  
NIP. 195708131985031007

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kami segala nikmat kesehatan dan keselamatan. Ucapan terima kasih kami berikan kepada Direktur IDB beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan penulis untuk dapat melakukan kegiatan penelitian. Kepada Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta seluruh civitas akademika yang terlibat dalam penelitian ini penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga karena telah mendukung dalam berbagai proses penelitian hingga tahap akhir. Adapun judul penelitian ini adalah “Estimasi Fluks Unsur hara Di Perairan Estuari Utara Delta Mahakam, Kalimantan Timur”.

Melalui kegiatan tahun ini kami melakukan studi di perairan estuari utara Delta Mahakam Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara karena bertujuan untuk mengukur konsentrasi unsur hara dan laju suplai unsur hara dari daratan ke perairan. Harapannya adalah hasil penelitian akan dapat memberikan hipotesa bagi para peneliti, mahasiswa, *stakeholders* dan lain-lain dalam rangka menambah data *base* ilmu pengetahuan dan informasi. Semoga hasil kegiatan ini dapat memberikan kontribusi yang baik bagi kita semua. Sekian kami sampaikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Sekian kami sampaikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Samarinda, 16 Desember 2021

Penulis

## RINGKASAN

Delta Mahakam merupakan salah satu perairan estuari di Indonesia yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia, antara lain adalah perikanan (dominan akuakultur), pertambangan minyak dan gas, perkapalan dan penebangan kayu. Aktivitas antropogenik dapat meningkatkan suplai unsur hara ke perairan estuari yang dapat berdampak negatif terhadap biota perairan. Tujuan penelitian Estimasi Fluks Unsur hara di Perairan Estuari Utara Delta Mahakam, Kalimantan Timur adalah untuk mengukur konsentrasi unsur hara dan laju suplai unsur hara dari daratan ke perairan estuari Delta Mahakam bagian utara. Penelitian ini dibatasi pada pengukuran saat kondisi pasang dan surut. Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan di bagian permukaan air. Parameter lapangan yang diukur adalah suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan debit air. Pengambilan sampel air dilakukan untuk mengukur konsentrasi klorofil-a dan unsur hara (N dan P) yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Fluks atau suplai unsur hara dari daratan ke wilayah estuari diukur menggunakan data debit air dan konsentrasi unsur hara. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi nitrat di perairan estuari Utara Delta Mahakam terlihat lebih rendah dengan kisaran 0,002-0,005 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi fosfat yang berkisar 0,007-0,41 mg/L. Fluks nitrat yang masuk ke perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 0,004-0,353 ton/hari, sedangkan fluks fosfat berkisar antara 0,049-1,058 ton/hari yang mengindikasikan suplai unsur hara di perairan tersebut didominasi oleh fosfat.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
RINGKASAN .....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
BAB 3 METODE.....	10
3.1 Lokasi Penelitian .....	10
3.2 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran Parameter Lapangan.....	10
3.3 Pengukuran Laboratorium.....	12
3.4 Analisis Data .....	12
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14
4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian.....	14
4.2 Parameter Kualitas Air .....	14
4.3 Parameter Unsur hara .....	19
4.4 Fluks Unsur hara di Permukaan Air .....	22
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
5.1 Kesimpulan.....	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA .....	25
LAMPIRAN.....	29



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Zona estuari merupakan wilayah transisi yang menghubungkan perairan air tawar dan air laut. Zona transisi ini memiliki peran penting terhadap siklus karbon dan unsur hara (nitrogen anorganik terlarut, fosfat dan silika) [1]. Unsur hara sangat penting untuk kesehatan lingkungan perairan [2]. Kelimpahan dan siklus unsur hara di perairan estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor yang merupakan kombinasi dari morfologi dan proses hidrodinamika (arus, pasang surut, kekeruhan dan gelombang) serta suplai air tawar dan proses biogeokimia [2] [3]. Kajian variabilitas unsur hara dan proses-proses yang mempengaruhinya di wilayah estuari tropis masih kurang [4], terutama di wilayah Asia Tenggara [5].

Delta Mahakam merupakan salah satu perairan estuari di Indonesia yang berbentuk kipas yang dipengaruhi oleh suplai air tawar dan air laut, yang mana alirannya berliku-liku [6]. Saluran air di Delta Mahakam terbagi menjadi dua yaitu distribusi aliran bagian utara dan distribusi bagian selatan, yang mana terkoneksi dengan aliran Sungai Mahakam [7]. Aktivitas manusia yang terdapat di Delta Mahakam antara lain adalah perikanan (dominan akuakultur), pertambangan minyak dan gas, perkapalan dan penebangan kayu [8].

Keberadaan suplai air Sungai Mahakam 1500 m<sup>3</sup>/detik yang membawa bahan organik dari daratan diduga menyebabkan produktivitas biologi yang tinggi di perairan delta [8]. Studi terkini menunjukkan bahwa perairan Delta Mahakam memiliki produksi ikan yang kaya [9]. Hal ini juga diikuti dengan kelimpahan fitoplankton jenis diatom, terutama di bagian utara muara delta [10]. Selain itu, wilayah muara delta bagian utara menunjukkan adanya keberadaan terumbu karang dengan tingkat tutupan miskin hingga sedang meskipun mendapatkan suplai partikel sedimen dari aliran Sungai Mahakam [11] [12]. Keterkaitan antara keberadaan terumbu karang tersebut dengan faktor lingkungan yang menunjang pertumbuhan terumbu karang perlu diteliti [11]. Hasil-hasil studi tersebut belum membahas keterkaitannya dengan suplai unsur hara di perairan muara Delta Mahakam.

Aktivitas antropogenik dapat meningkatkan suplai unsur hara dari daratan ke wilayah estuari [4]. Peningkatan suplai unsur hara dapat mendorong terjadinya eutrofikasi [13] dan penurunan konsentrasi oksigen (*hypoxia*) serta diduga mempengaruhi proses biogeokimia di wilayah pesisir [4]. Meskipun suplai unsur hara dapat meningkatkan produksi perikanan [14] dan menambah pertumbuhan terumbu karang [15] namun pengayaan unsur hara akibat aktivitas antropogenik dapat menurunkan produksi sejumlah spesies akibat *hypoxia* [14] dan bertampak negative terhadap terumbu karang berupa stres dan pemutihan karang akibat melimpahnya (*blooming*) alga [16]. Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam secara berkala

sangat penting dilakukan untuk melakukan kuantifikasi, memprediksi dan mengelola dampak suplai unsur hara terhadap ekosistem estuari [3].

## **12 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mengukur konsentrasi unsur hara dan fluks unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam bagian utara. Sasaran penelitian ini adalah terhitungnya konsentrasi unsur hara dan fluks unsur hara di bagian mulut estuari Delta Mahakam bagian utara.

## **13 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah menambah referensi terkait data sebaran dan konsentrasi unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam, yang diharapkan dapat mendukung rangkaian data berkelanjutan (*time series*) terkait dengan data unsur hara dan tingkat kesuburan perairan di perairan estuari Delta Mahakam.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Penyusunan rancangan penelitian ini menggunakan beberapa referensi penelitian yang pernah dilakukan di perairan estuari Delta Mahakam, termasuk artikel-artikel ilmiah yang berhubungan variabilitas unsur hara di perairan estuari.

Tabel 1 State of the art

No.	Peneliti	Fokus kajian	Kelebihan	Kekurangan
1	[6]	Pemodelan pengaruh pasang surut di setiap percabangan aliran air ( <i>channel</i> ) di Delta Mahakam menggunakan model 2D Louvain-la-Neuve Ice-ocean Model	Menunjukkan aliran debit air ke arah laut ketika periode pasang tertinggi ( <i>spring tide</i> ) lebih besar dibandingkan ketika periode pasang terendah ( <i>neap tide</i> ) Berdasarkan perbedaan periode pasang surut, debit air di wilayah percabangan delta bagian selatan lebih belfluktuasi dibandingkan dengan wilayah percabangan delta bagian utara.	Tidak menyertakan perhitungan fluks unsur hara ketika menghitung debit aliran yang melalui Delta Mahakam
2	[9]	Populasi ikan demersal di perairan estuari Delta Mahakam	Menunjukkan bahwa perairan estuari Delta Mahakam kaya akan jumlah spesies ikan. Hal ini ditandai dengan teridentifikasinya 131 spesies ikan demersal, termasuk ditemukannya spesies ikan karang	Pembahasan terkait ikan demersal dengan faktor lingkungan yang terbatas pada kondisi salinitas, kedalaman, kekeruhan dan kecerahan perairan. Unsur unsur hara yang mempengaruhi produktivitas biologi

No.	Peneliti	Fokus kajian	Kelebihan	Kekurangan
				perairan belum diteliti.
3	[8]	Kajian potensi Delta Mahakam	Mendeskripsikan sumber daya alam yang terdapat di Delta Mahakam. Yang pertama adalah sumber daya biologi yaitu perikanan, yang diindikasikan oleh produktivitas biologi yang tinggi akibat suplai bahan organik dari daratan melalui sungai. Selain itu terdapat pula tumbuhan Nypa dan ekosistem mangrove ( <i>Avicennia</i> dan <i>Rhizophora</i> ). Sumber daya alam yang kedua adalah non-biologi, yaitu sumber daya minyak dan gas.	Secara spesifik tidak menyebutkan kuantitas unsur hara di perairan Delta Mahakam
4	[11]	Pemantauan terumbu karang di perairan estuari Delta Mahakam.	Pendataan pertama kali terhadap luas dan status terumbu karang di perairan estuari Delta Mahakam. Terumbu karang ditemukan berada dekat dengan perairan estuari bagian utara percabangan Delta Mahakam (perairan Muara Badak) dan	Kurangnya pembahasan keterkaitan antara kondisi terumbu karang dengan faktor lingkungan yaitu suplai unsur hara

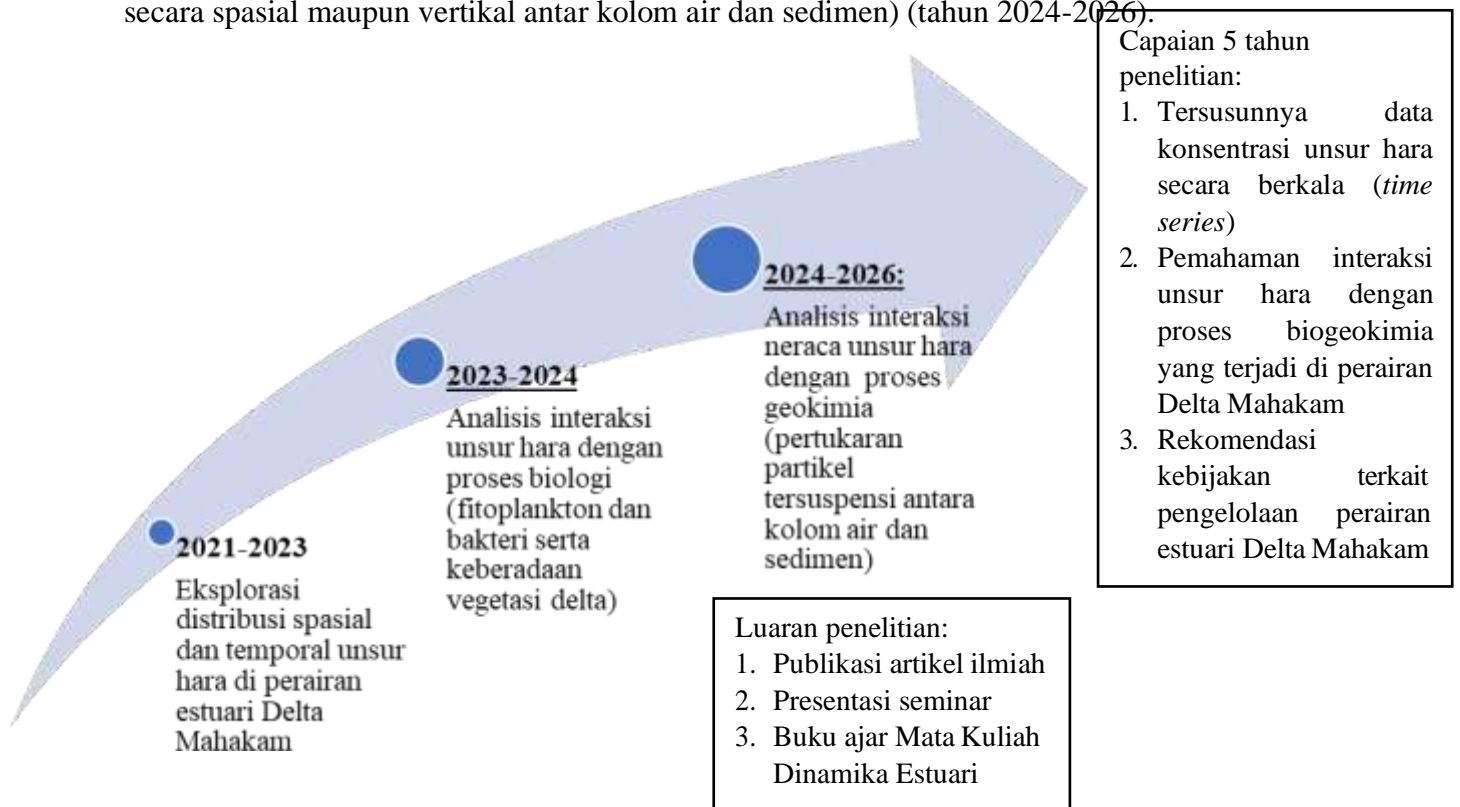
No.	Peneliti	Fokus kajian	Kelebihan	Kekurangan
			perairan estuari bagian selatan percabangan Delta Mahakam (perairan Samboja), dengan status kategori tutupan karang yaitu sedang ( <i>fair</i> ).	
5	[12]	Pemantauan terumbu karang di perairan estuari Delta Mahakam, Kecamatan Anggana (bagian wilayah utara Delta Mahakam)	Hasil penelitian menunjukkan keberadaan terumbu karang di wilayah estuari Delta Mahakam (Kecamatan Anggana) dengan status tutupan karang yaitu miskin hingga sedang	Kurangnya pembahasan keterkaitan antara kondisi terumbu karang dengan faktor lingkungan yaitu suplai unsur hara
6	[10]	Distribusi dan kelimpahan fitoplankton di perairan estuari Delta Mahakam	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan tertinggi fitoplankton di perairan estuari Delta Mahakam terdapat di bagian mulut estuari ( <i>delta front</i> ), terutama di bagian utara. <i>Thalassiosira</i> sp., <i>Thalassiothrix</i> sp., dan <i>Nitzschia</i> sp. merupakan jenis diatom yang mendominasi, yang mana mengindikasikan konsentrasi unsur hara	Tidak menghitung secara kuantitatif konsentrasi unsur hara

No.	Peneliti	Fokus kajian	Kelebihan	Kekurangan
			yang tinggi di lokasi tersebut.	
7	[17]	Konsentrasi dan fluks unsur hara di perairan estuari Ebro, Spanyol.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghitung konsentrasi unsur hara (ammonium, nitrat, nitrit, fosfat, dan silika) di perairan estuari Ebro</li> <li>• Menghitung perbandingan fluks unsur hara berdasarkan jenisnya, yang masuk ke perairan estuari, yang mana suplai nitrat dan fosfat lebih dominan dibandingkan silika</li> <li>• Menunjukkan beberapa faktor yang mempengaruhi konsentrasi unsur hara di estuari, yaitu: suplai bahan organik (partikel dan terlarut) yang berasal dari aliran air sungai yang kemudian mengalami proses mineralisasi; fitoplankton <i>uptake</i>; dan dampak pembuangan air limbah dan aktivitas pertanian.</li> </ul>	-

No.	Peneliti	Fokus kajian	Kelebihan	Kekurangan
8	[18]	Pengaruh musim terhadap beban masukan unsur hara di perairan Teluk Ambon Dalam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membandingkan fluks unsur hara berdasarkan pergantian musim (musim timur, musim peralihan II, musim barat, dan musim peralihan I) di perairan Teluk Ambon</li> <li>• Konsentrasi nitrat menunjukkan nilai yang tinggi saat musim timur dan musim peralihan I, sedangkan konsentrasi fosfat menunjukkan nilai yang tinggi pada musim timur, musim barat dan musim peralihan II</li> <li>• Menghitung <i>tropical index</i> (TRIX) untuk mengetahui karakteristik trofik perairan Teluk Ambon Dalam, yang mana hasilnya menunjukkan kondisi oligotropik dan mesotropik.</li> </ul>	-

Berdasarkan uraian pada Tabel 1, bahwa kajian variabilitas unsur hara di perairan Estuari Delta Mahakam belum pernah dilakukan. Pengukuran variabilitas unsur hara secara berkala di perairan estuari Delta Mahakam perlu dilakukan untuk memahami neraca unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam dan respon suplai unsur hara terhadap proses biogeokimia yang terjadi di perairan estuari Delta Mahakam. Untuk mengkaji hal tersebut, maka dimulai dengan mengeksplorasi konsentrasi unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam (Gambar 1).

Peta jalan penelitian (Gambar 1) variabilitas unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam dibagi menjadi tiga tahapan: 1) Eksplorasi distribusi unsur hara di perairan Delta Mahakam (tahun 2021-2023); 2) Analisis interaksi neraca unsur hara dengan faktor biologi seperti fitoplankton, bakteri dan keberadaan vegetasi di Delta Mahakam (tahun 2023-2024); 3) Analisis interaksi neraca unsur hara dengan proses geokimia (contohnya kaitannya dengan pertukaran partikel tersuspensi secara spasial maupun vertikal antar kolom air dan sedimen) (tahun 2024-2026).



Gambar 1. Peta jalan (road map) penelitian variabilitas unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam

Capaian yang diharapkan dari hasil penelitian 5 tahun ini adalah: 1) Data *time series* konsentrasi unsur hara di perairan estuari Delta Mahakam; 2) Hubungan antara neraca unsur hara dengan proses biogeokimia di perairan estuari Delta Mahakam. Capaian hasil penelitian 5 tahun ini juga perlu menghasilkan rekomendasi kebijakan dalam bentuk *policy brief* kepada pemerintah daerah terkait pengelolaan wilayah estuari Delta Mahakam. Target luaran tiap tahun dari hasil penelitian adalah publikasi artikel ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional terindeks Scopus. Selain itu, hasil penelitian akan diseminarkan melalui kegiatan seminar

nasional/internasional yang berkaitan dengan bidang ilmu kelautan/oseanografi. Luaran akhir penelitian adalah berupa buku ajar mata kuliah Dinamika Estuari yang menjelaskan tentang variabilitas unsur hara dan respon terhadap proses biogeokimia di perairan estuari Delta Mahakam.

## BAB 3 METODE

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di perairan estuari Delta Mahakam bagian utara. Titik pengambilan sampel berjumlah 10 titik yaitu Stasiun 1 hingga Stasiun 10 (Gambar 2). Stasiun 1 dan 2 berada di aliran Sungai Tiram yang merupakan percabangan kecil dari aliran sungai utama yaitu Sungai Mahakam, Stasiun 3 merupakan area perairan Muara Badak, Stasiun 5 dan 6 berada di aliran Sungai Mahakam, Stasiun 7 merupakan Muara Berau Besar dan Stasiun 10 merupakan Muara Berau Kecil, serta Stasiun 4, 8 dan 9 yang berada mengarah ke perairan laut. Seluruh titik stasiun masih dipengaruhi oleh aliran massa air dari Sungai Mahakam yang kemudian bercabang ketika memasuki area Delta Mahakam. Stasiun 1, 5 dan 6 berada lebih dekat dengan bagian hulu estuari Delta Mahakam, sedangkan Stasiun 2, 3, 7 dan 10 berada di bagian hilir, ditambah dengan adanya pengaruh suplai massa air dari aliran sungai yang berasal dari Kecamatan Muara Badak yang bermuara di area Stasiun 3 (Gambar 2).

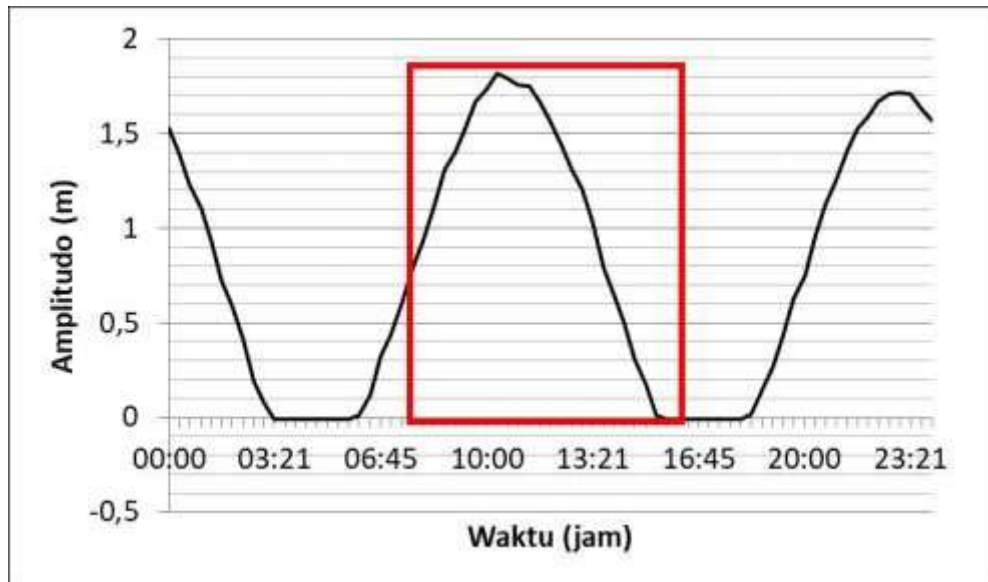


Gambar 2 Lokasi titik pengambilan data di perairan estuari Delta Mahakam bagian utara

### 3.2 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran Parameter Lapangan

Pengukuran data lapangan dan pengambilan sampel air dilakukan pada tanggal 23 September 2021 dan dimulai ketika kondisi menuju pasang dan kondisi menuju surut (Gambar 3). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah yaitu DO meter, refraktometer, pH meter, *current meter*, spektrofotometer, GPSMap, *vacuum pump*, dan *cool box*. Bahan yang akan digunakan diantaranya adalah botol sampel *polyethylene* 2 L, kertas saring *cellulose acetate membrane* berukuran 0,45  $\mu\text{m}$ , *deionized water*, dan larutan HCl 1 N.





Gambar 3 Data kondisi pasang surut (prediksi BIG) untuk sekitar lokasi penelitian pada tanggal 23 September 2021. Kotak merah menunjukkan kisaran waktu pengambilan data

Pengambilan sampel dan pengukuran parameter perairan dilakukan di bagian permukaan air (kedalaman 1 m). Pengambilan sampel air di bagian permukaan diasumsikan bahwa bagian permukaan perairan merupakan didominasi oleh suplai massa air tawar, sehingga digunakan untuk menghitung beban masukan/fluks unsur hara yang berasal dari daratan [17].

Parameter lapangan yang diukur adalah suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut dan kecepatan arus. Pengukuran kualitas air diantaranya adalah salinitas diukur menggunakan refractometer, pH diukur menggunakan pH meter digital, suhu dan konsentrasi oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter. Kecepatan arus permukaan diukur menggunakan *current meter* yang dibatasi pada Stasiun 1, 2, 5, 6, 7 dan 10 dengan tujuan untuk menghitung debit air sungai yang mengarah ke perairan laut. Pengukuran kecepatan arus di setiap titik stasiun tersebut dilakukan sebanyak 3 kali ulangan yaitu bagian tengah sungai dan bagian 2 sisi tepi badan sungai.

Perhitungan debit sungai menggunakan metode *cross-section*. Data kecepatan arus dan luas penampang sungai digunakan dalam menghitung debit sungai dengan menggunakan persamaan 1:

$$Q = A \times v \quad (1)$$

Dimana Q adalah debit air ( $m^3/s$ ), A adalah luas penampang sungai ( $m^2$ ) dan v adalah kecepatan arus (m/s).

Luas penampang sungai dapat diukur menggunakan data lebar sungai berdasarkan titik stasiun pengukuran kecepatan arus dan kedalaman sungai. Kedalaman sungai yang digunakan adalah 1 m karena pengukuran debit sungai hanya dilakukan pada bagian permukaan sebagai asumsi kedalaman yang lebih dipengaruhi oleh suplai massa air tawar. Luas penampang sungai dihitung menggunakan persamaan 2:

$$A = l \times h \quad (2)$$

Dimana  $l$  adalah lebar sungai (m) dan  $h$  adalah kedalaman pengukuran kecepatan arus dalam penelitian ini yaitu 1 m.

Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan *Nansen water sampler* pada kedalaman 1 m. Sampel yang diambil digunakan untuk mengukur klorofil-a dan unsur zat hara yang terdiri dari ammonium, nitrat, nitrit, dan fosfat yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Universitas Mulawarman. Sebelum dilakukan pengambilan sampel air di lapangan, terhadap botol sampel unsur hara terlebih dahulu dibersihkan berdasarkan prosedur preparasi botol sampel dan penanganan sampel air untuk analisis unsur hara [19]. Botol *polyethylene* dicuci menggunakan larutan HCl 1 N dan dibilas dengan menggunakan air deionisasi atau air bebas analit.

Sampel air untuk uji klorofil-a yang telah diambil dimasukkan ke dalam botol sampel dan dibungkus dengan kertas aluminium foil dan ditambahkan larutan  $MgCO_3$  sebanyak  $\pm 10$  tetes sebagai pengawet [20]. Seluruh sampel air yang telah diambil kemudian dimasukkan dimasukkan ke dalam *cool box* dalam kondisi suhu rendah selama proses transport sampel ke laboratorium.

### 3.3 Pengukuran Laboratorium

Konsentrasi klorofil-a diukur menggunakan metode spektrofotometer. Terhadap sampel air terlebih dahulu disaring menggunakan kertas saring Whatman GF/C yang berukuran  $0,45 \mu m$  dengan bantuan alat vacuum pump. Kertas saring hasil penyaringan tersebut dimasukan ke dalam tabung dan ditambahkan 10 ml aseton 90%. Hasil ekstraksi kemudian disentrifus pada kecepatan 4000 rpm selama 30-45 menit. Cairan bening hasil sentrifus kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada Panjang gelombang 750 nm dan 665 nm. Konsentrasi klorofil dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [21]:

$$Klorofil = \frac{26,7(665b - 665a) \times Vc}{Vs \times d} \quad (3)$$

Dimana 665b adalah penyerapan pada panjang gelombang 665 nm sebelum penambahan asam, 665a penyerapan pada panjang gelombang 665 nm setelah penambahan asam,  $Vc$  adalah volume aseton yang digunakan dalam ekstraksi (ml),  $Vs$  adalah volume air yang disaring (l) dan  $d$  adalah lebar kuvet (cm). Satuan konsentrasi klorofil-a dari perhitungan ini adalah  $mg/m^3$ .

Konsentrasi nitrat, nitrit, ammonium dan fosfat sampel air dianalisis di Laboratorium Kualitas Air Universitas Mulawarman (Nomor Akreditasi LP-1088-IDN). Konsentrasi nitrat diukur berdasarkan metode SNI 19-6964.7-2003, ammonia diukur menggunakan metode SNI 06.6989.30-2005, nitrit diukur menggunakan metode SNI 06.6989.9-2005 dan fosfat dalam bentuk ortofosfat yang diukur dengan menggunakan metode APHA 23<sup>rd</sup>, 4500-P E, 2017.

### 3.4 Analisis Data

Data hasil pengukuran parameter kualitas air dan unsur hara di perairan estuari Utara Delta Mahakam divisualisasikan dalam bentuk grafik data pada kondisi pasang dan surut. Fluks unsur

hara yang terbawa aliran sungai dihitung dari hasil perkalian debit aliran (persamaan 1) dan konsentrasi tiap unsur unsur hara [17].

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian**

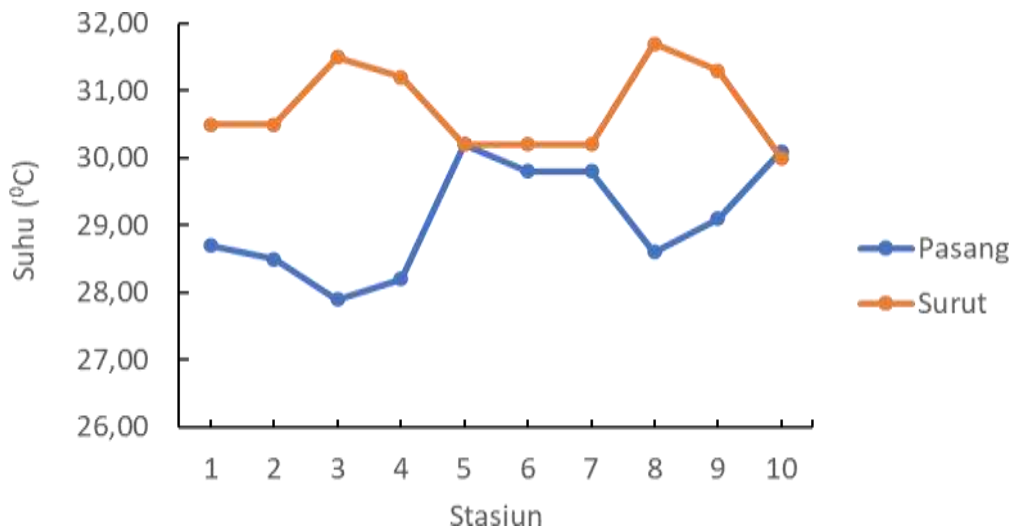
Perairan estuari utara di Kecamatan muara badak merupakan wilayah perairan yang berada di utara Delta Mahakam. Ekosistem yang dapat dijumpai pada sekitar perairan estuary utara Delta Mahakam adalah ekosistem mangrove. Perairan tersebut memiliki potensi perikanan tangkap, budidaya perikanan dan budidaya rumput laut yang menjadi penopang hidup dalam pendapatan rumah tangga mereka. Potensi-potensi tersebut dapat memberikan suplai bahan organik dan anorganik kedalam perairan secara berkala dan dapat memberikan sumbangsih sebagai nutrien bagi perairan.

Bahan organik alami yang dapat dihasilkan oleh beberapa aktivitas di daratan adalah seperti peternakan ayam dll. Kegiatan seperti peternakan ayam dapat menjadi suplai nutrien, kotoran organik yang dihasilkan tersebut dapat mengalami pengendapan di darat ataupun di dalam perairan sehingga memberikan nutrisi bagi perairan estuari utara Delta Mahakam. Sumber suplai bahan anorganik dapat berasal dari pupuk untuk perkebunan dan tambak yang berada dekat dengan sekitar perairan. Sumber-sumber tersebut dapat menjadi bahan pencemar jika sudah memberikan efek yang melebihi batas baku mutu perairan laut. Beberapa sumber pencemar yang sering ditemukan di daerah pesisir yaitu limbah dari aktivitas industri, limbah cair dan padat dari aktivitas permukiman, limbah cair dan limbah padat dari perkotaan, pertambangan, pelayaran, pertanian dan perikanan budidaya [22].

### **4.2 Parameter Kualitas Air**

#### **Suhu Permukaan Laut**

Sebaran suhu permukaan laut di perairan Utara Delta Mahakam berkisar antara 27,90-31,70<sup>0</sup>C (Gambar 4). Rata-rata suhu pada kondisi pasang dan surut adalah 29,09 ±0,26<sup>0</sup>C dan 30,73 ±0,20<sup>0</sup>C. Berdasarkan hasil tersebut, nilai suhu permukaan perairan Utara Delta Mahakam berada dalam kisaran nilai suhu permukaan perairan yang ditemukan di wilayah estuari lainnya di Indonesia. Perairan estuari Sungai Cimandiri memiliki suhu permukaan dengan kisaran 29,00-31,20<sup>0</sup>C [23], perairan Sarangan yang masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut memiliki nilai suhu permukaan laut dengan kisaran 28,9-30.5<sup>0</sup>C [24], dan perairan utara Bolaang Mongondow dengan kisaran suhu 28,6-29,3<sup>0</sup>C [25].



Gambar 4 Suhu permukaan laut di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut

Secara umum suhu permukaan laut yang ditemukan di lokasi penelitian masih berada dalam kisaran suhu permukaan laut Indonesia menurut [26] yaitu 26-31<sup>0</sup>C. Berdasarkan nilai kisaran suhu untuk baku mutu air laut tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, maka kisaran suhu di area penelitian masih mendukung keberlangsungan kehidupan biota laut [27].

### Sebaran Salinitas Permukaan Laut

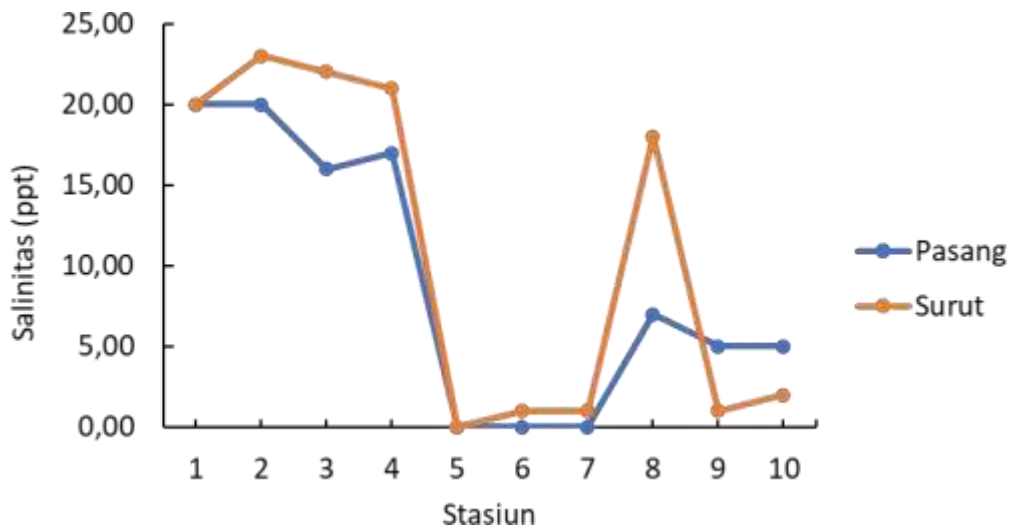
Sebaran salinitas di permukaan laut di perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 0-23 ppt (Gambar 5). Rata-rata nilai salinitas di perairan ketika kondisi surut lebih tinggi dibandingkan dengan ketika pasang yaitu  $10,90 \pm 2,65$  ppt dan  $9 \pm 3,33$  ppt. Sebaran nilai salinitas di perairan tersebut lebih rendah dibandingkan dengan kisaran nilai salinitas untuk mendukung keberlangsungan kehidupan biota laut berdasarkan baku mutu air laut tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, yaitu 33-34 ppt [27].

Kisaran nilai salinitas di permukaan perairan estuari Utara Delta Mahakam terlihat hampir sama dengan kisaran nilai salinitas yang ditemukan di beberapa perairan estuari di Indonesia, yaitu perairan estuari Sungai Kapuas yaitu 0-15 ppt [28] dan perairan estuari Bengkalis yaitu 6,5-30,7 psu [29]. Rendahnya nilai salinitas di perairan ini diduga disebabkan oleh pengaruh suplai air tawar yang menuju ke laut [30], yaitu suplai air yang terbawa melalui aliran Sungai Mahakam.

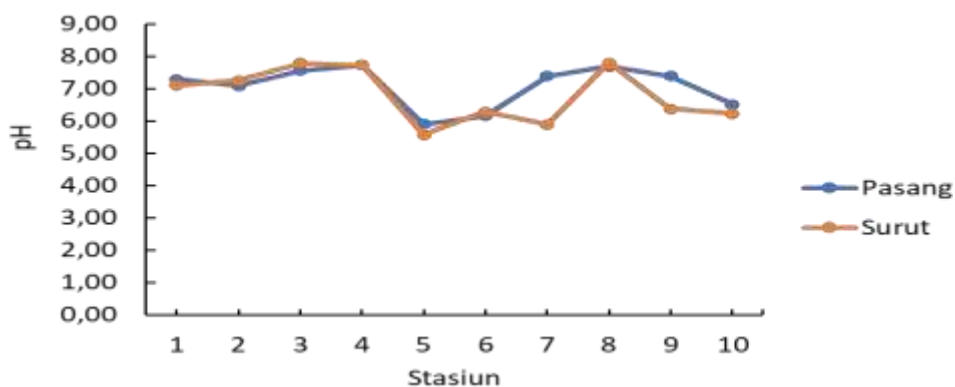
### Sebaran pH Permukaan Laut

Sebaran pH di permukaan laut, perairan pesisir Pulau Bintan Timur berkisar antara 5,57 – 7,80 (Gambar 6). Rata-rata nilai pH yang didapat di perarain ini lebih tinggi ketika kondisi pasang dibandingkan dengan kondisi surut, yang secara berurutan nilainya adalah  $7,07 \pm 0,21$  dan  $6,80 \pm 0,26$ . Hasil pengukuran nilai pH tersebut terlihat lebih rendah jika dibandingkan dengan kisaran pH untuk biota laut berdasarkan baku mutu air laut tentang penyelenggaraan perlindungan dan

pengelolaan lingkungan hidup, yaitu 7-8,5 [27]. Nilai pH yang rendah juga ditemukan di perairan estuari Bengkulis yang berkisar antara 5,9 – 8,5 yang mana nilai pH yang rendah ditemukan di perairan yang lebih dominan mendapatkan suplai air tawar sedangkan nilai pH yang tinggi ditemukan di perairan laut [29].



Gambar 5 Fluktuasi nilai salinitas di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika kondisi pasang dan surut

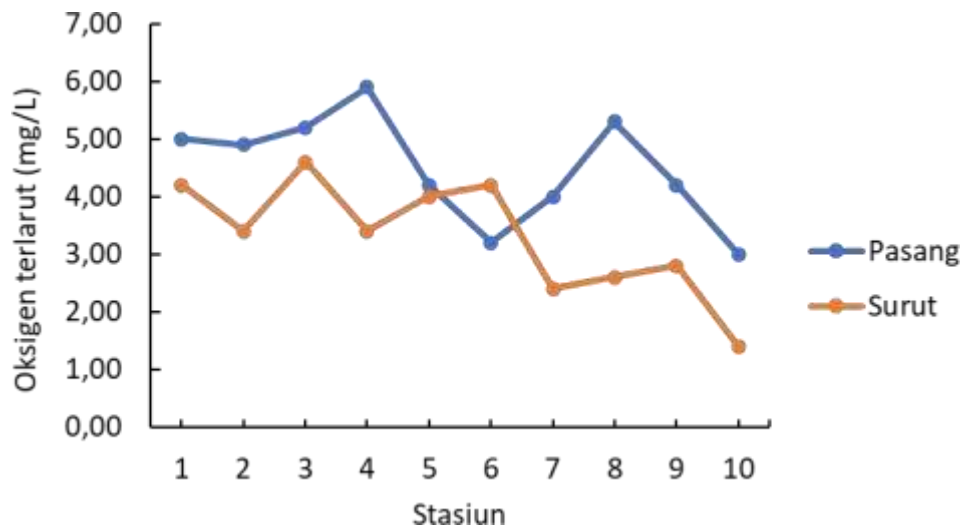


Gambar 6 Sebaran nilai pH di permukaan perairan estuari Utara Delta Mahakam saat kondisi pasang dan surut

### Sebaran Konsentrasi Oksigen Terlarut di Perairan Laut

Konsentrasi oksigen terlarut di perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 1,40-5,90 mg/L (Gambar 7). Konsentrasi tertinggi didapatkan ketika kondisi pasang dengan rata-rata  $4,49 \pm 0,30$  mg/L dibandingkan dengan konsentrasi saat kondisi surut yang memiliki rata-rata  $3,30 \pm 0,32$  mg/L. Konsentrasi oksigen terlarut di lokasi penelitian terlihat lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi oksigen terlarut berdasarkan baku mutu air laut tentang penyelenggaraan perlindungan

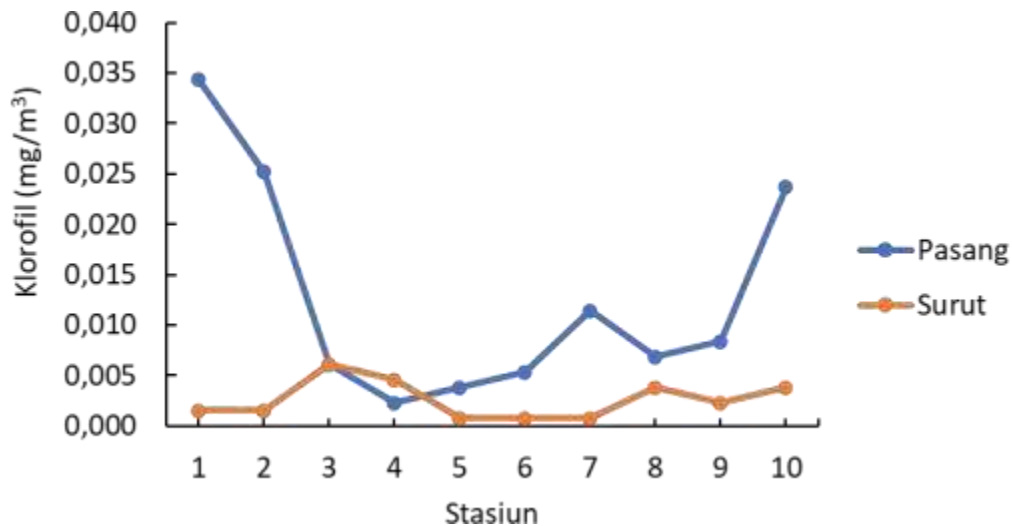
dan pengelolaan lingkungan hidup, yaitu  $>5$  mg/L [27]. Kisaran konsentrasi oksigen terlarut juga ditemukan di perairan estuari lainnya, diantaranya di perairan estuari Bengkalis berkisar antara 2,34-5,70 mg/L [29] dan di perairan Serangan berkisar antara 3-4,4 mg/L [24].



Gambar 7 Sebaran konsentrasi oksigen terlarut di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut

#### Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Laut

Konsentrasi klorofil-a di perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 0,001-0,034 mg/L (Gambar 8). Rata-rata konsentrasi klorofil-a ketika pasang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata klorofil-a ketika surut, dengan nilai secara berurutan adalah  $0,013 \pm 0,003$  mg/m<sup>3</sup> dan  $0,003 \pm 0,001$  mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi klorofil-a di perairan ini lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi klorofil-a di beberapa perairan estuari lainnya di Indonesia, diantaranya adalah di perairan estuari Sungai Silugonggo yang berkisar antara 0,4981-12,1307 mg/m<sup>3</sup> [31], di perairan estuari Sungai Banyuasin berkisar antara 4,41-55,01 mg/m<sup>3</sup> [32], dan di perairan Teluk Meulaboh Aceh Barat yang berkisar 2-6 mg/m<sup>3</sup> [20]. Rendahnya konsentrasi klorofil-a diduga disebabkan oleh rendahnya suplai nutrient dari daratan [20].



Gambar 8 Sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut.

Perubahan konsentrasi klorofil-a di area penelitian terlihat ketika kondisi pasang. Konsentrasi klorofil-a tinggi pada Stasiun yang berada dekat dengan hulu muara sungai (Stasiun 1, 2, 7 dan 10) dibandingkan dengan stasiun yang menjauhi muara sungai ke arah perairan laut (Stasiun 4, 8 dan 9). Tingginya konsentrasi klorofil-a tersebut diduga dipengaruhi oleh pergerakan massa air dari arah laut menuju ke arah muara dan aliran sungai ketika pasang menyebabkan proses pencampuran massa air. Hal ini terlihat dari nilai salinitas yang tidak mengalami stratifikasi terhadap kedalaman, terutama di Stasiun 1 dan 2 (Lampiran 1) yang lebih mendapat pengaruh massa air laut berdasarkan nilai salinitasnya (Gambar 5). Hasil penelitian [33] di perairan Muara Sugihan Provinsi Sumatera Selatan menunjukkan adanya pencampuran vertikal massa air yang terjadi di area muara ketika kondisi pasang. Proses pencampuran vertikal tersebut dapat membawa massa air dari dasar perairan yang kaya akan unsur hara ke bagian permukaan perairan yang dapat mendukung proses fotosintesis dan kemudian meningkatkan konsentrasi klorofil-a di permukaan perairan [31].

Tingginya konsentrasi klorofil-a di perairan stasiun 1 dan 2 juga diduga dipengaruhi oleh area pertambakan yang ada disekitar area tersebut dan keberadaan vegetasi mangrove di sekitar area stasiun 7 dan 10 juga diduga meningkatkan konsentrasi klorofil-a di kedua stasiun tersebut. Ketiatan di area pertambakan dapat menghasilkan buangan limbah organik yang kayak akan unsur hara [31]. Sumber unsur hara lainnya diduga dapat berasal dari serasah daun mangrove yang jatuh ke perairan [31].

Meskipun Stasiun 5 dan 6 yang berada di aliran Sungai Mahakam yang lebih mendapatkan pengaruh massa air dari daratan, namun konsentrasi klorofil-a cenderung rendah (Gambar 8). Hal ini disebabkan tingginya partikel tersuspensi yang terbawa oleh aliran sungai yang berasal dari daratan [31]. Kondisi perairan aliran Sungai Mahakam di Stasiun 5 dan 6 ketika pengambilan

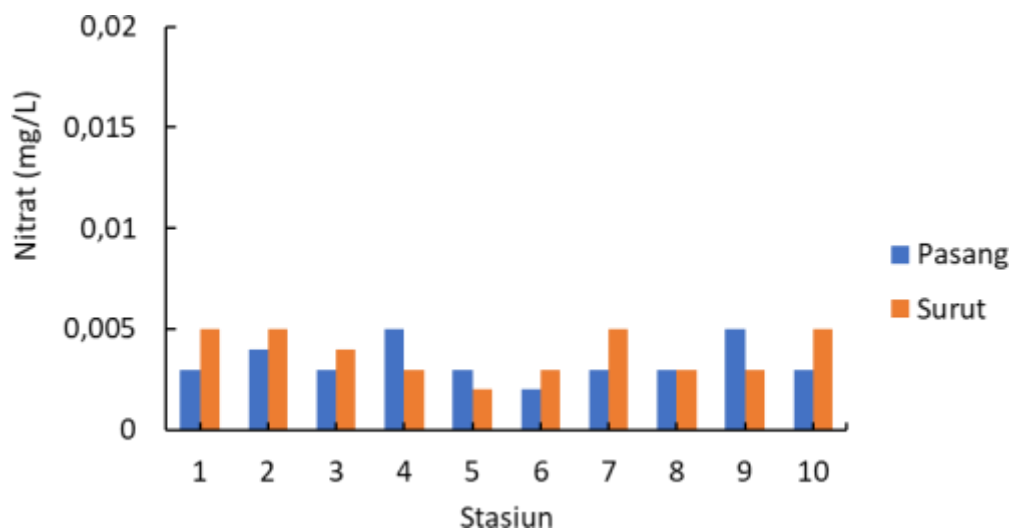


sampel mengindikasikan keruhnya perairan tersebut yang ditandai dengan warna air yang kecoklat-coklatan. Hal tersebut mengindikasikan tingginya endapan lumpur yang berasal dari daratan. Keruhnya perairan dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan untuk digunakan dalam proses fotosintesis oleh fitoplankton. Hal tersebut kemudian dapat menyebabkan rendahnya klorofil-a di Stasiun 5 dan 6.

### 4.3 Parameter Unsur hara

#### Konsentrasi Nitrat, Nitrit dan Ammonia di Permukaan Perairan

Sebaran nitrat ketika pasang dan surut di perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 0,002-0,005 mg/L (Gambar 9). Rata-rata konsentrasi nitrat ketika pasang lebih rendah dibandingkan ketika kondisi surut yang secara berurutan nilainya adalah 0,004 dan 0,003. Kisaran konsentrasi nitrat di perairan estuari ini terlihat rendah karena kurang dari nilai baku mutu konsentrasi nitrat air laut untuk mendukung keberlangsungan kehidupan biota laut yaitu >5 mg/L [27].

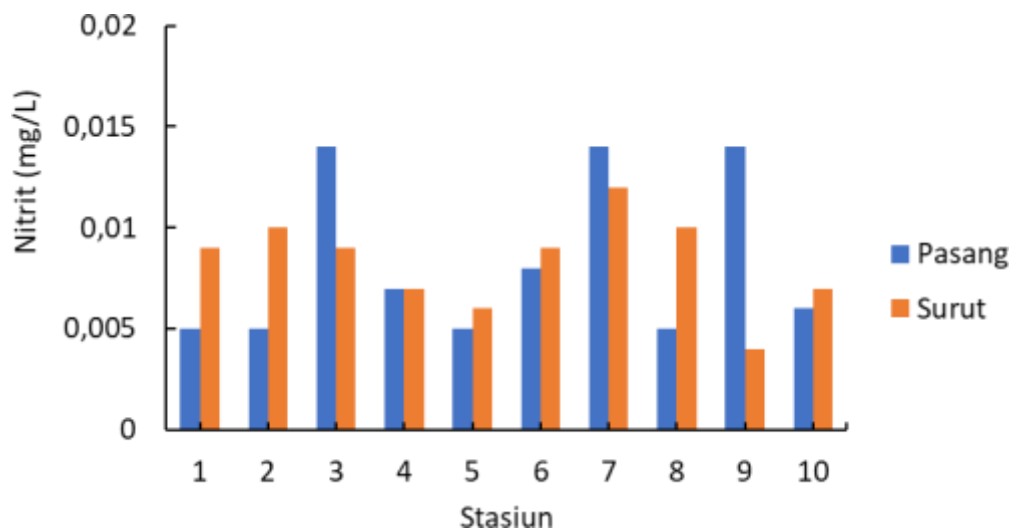


Gambar 9 Sebaran konsentarsi nitrat ketika pasang dan surut di perairan estuari Utara Delta Mahakam

Konsentrasi nitrat di perairan dapat berasal dari proses difusi oleh atmosfer, fiksasi, hasil dekomposisi bahan organik serta buangan limbah organik akibat aktifitas manusia [34]. Kegiatan pertanian dan pertambakan juga diduga dapat menyebabkan pengkayaan unsur hara di perairan [35]. Rendahnya konsentrasi nitrat di perairan estuari Utara Delta Mahakam mengindikasikan rendahnya pasokan nitrat yang berasal dari darata dan terbawa oleh aliran Sungai Mahakam. Meskipun demikian ketika kondisi surut, dimana suplai air tawar lebih mendominasi, konsentrasi nitrat terlihat tinggi di beberapa stasiun diantaranya Stasiun 1, 2, 7 dan 10. Hal ini diduga disebabkan oleh keberadaan aktivitas tambak di sekitar Stasiun 1 dan Stasiun 2, dan keberadaan ekosistem mangrove di sekitar Stasiun 7 dan 10 yang dapat menyuplai unsur hara ke perairan.

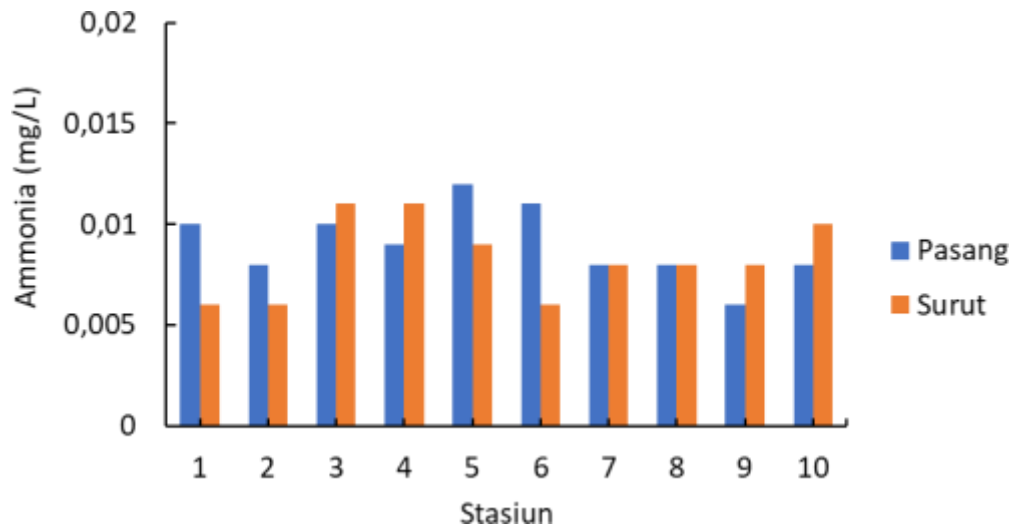
Stasiun 4, 8 dan 9 yang lokasinya berada jauh dengan muara sungai menunjukkan konsentrasi nitrat yang rendah ketika kondisi surut, namun ketika kondisi pasang Stasiun 4 dan 9 menunjukkan peningkatan konsentrasin nitrat (Gambar 9).

Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) merupakan bentuk nitrogen yang teroksidasi banyak dijumpai pada instalasi pengolahan air limbah, air sungai dan drainase [36]. Konsentrasi nitrit di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut berkisar antara 0,004-0,014 mg/L (Gambar 10). Rata-rata konsentrasi nitrit ketika kondisi pasang dan surut adalah 0,008 mg/L. Konsentrasi nitrit yang ditemukan di perairan estuari Utara Delta Mahakam terlihat lebih tinggi dengan rata-rata  $>0,005$  mg/L (Gambar 10) dibandingkan dengan konsentrasi nitrat dengan nilai rata-rata  $<0,005$  mg/L (Gambar 9). Hal ini berbeda dengan perbandingan konsentrasi nitrat dan nitrit yang ditemukan muara Sungai Bayuasin, dimana konsentrasi nitrat lebih tinggi dibandingkan konsentrasi nitrit [36]. Perairan alami umumnya mengandung nitrit sebesar 0,001 mg/L dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 mg/L [37]. Nitrit di perairan alami umumnya ditemukan dalam jumlah yang sedikit karena sifatnya yang tidak stabil akibat keberadaan oksigen [34]. Oleh karena itu, tingginya konsentrasi nitrit dibandingkan dengan konsentrasi nitrat di lokasi penelitian diduga disebabkan oleh rendahnya konsentrasi oksigen terlarut (Gambar 7).



Gambar 10 Konsentrasi nitrit di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut

Konsentrasi ammonia di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut berkisar antara 0,006-0,012 mg/L. Rata-rata konsentrasi tertinggi ditemukan ketika kondisi pasang dengan nilai  $0,009 \pm 0,001$  mg/L. Konsentrasi ammonia yang di perairan ini berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 22 Tahun 2021 masih berada dalam kategori baik karena berada di bawah nilai baku mutu konsentrasi ammonia untuk kehidupan biota laut yaitu 0,3 mg/L [27].



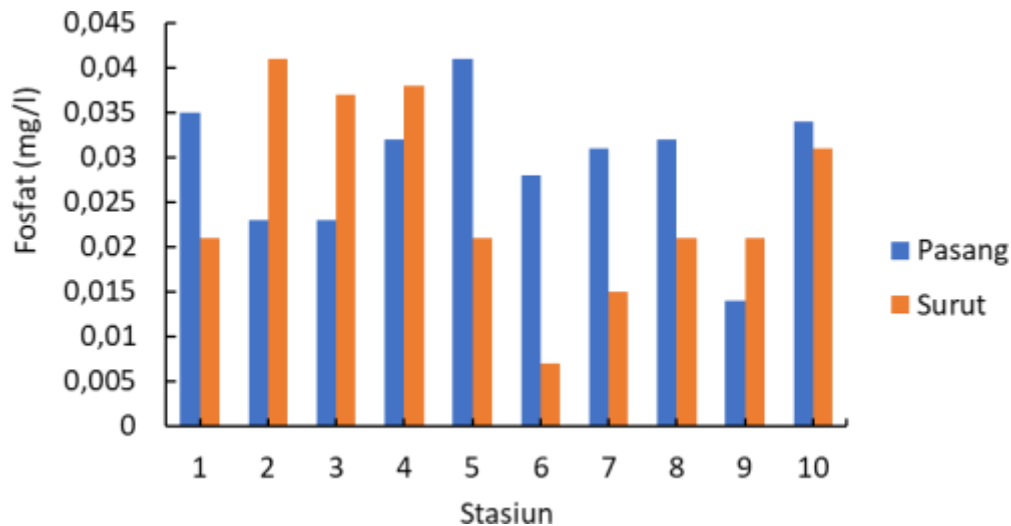
Gambar 11 Konsentrasi ammonia di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika kondisi pasang dan surut.

Berdasarkan perbandingan konsentrasi ammonia (Gambar 11) dan nitrat (Gambar 9) di perairan estuari Utara Delta Mahakam, bahwa konsentrasi ammonia terlihat lebih tinggi dibandingkan konsentrasi nitrat. Tingginya konsentrasi ammonia di suatu perairan dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut [38] dan menghambat proses fotosintesis [39]. Hal ini kemudian diduga menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut dan klorofil-a yang rendah yang ditemukan di perairan estuari Utara Delta Mahakam.

### **Konsentrasi Fosfat di Permukaan Perairan**

Konsentrasi fosfat di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut berkisar antara 0,007-0,41 mg/L (Gambar 12). Rata-rata konsentrasi tertinggi terdapat pada kondisi pasang dibandingkan dengan kondisi surut, dengan nilai yang secara berurutan adalah  $0,029 \pm 0,002$  mg/L dan  $0,025 \pm 0,003$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi fosfat di perairan estuari Utara Delta Mahakam telah melebihi nilai baku mutu konsentrasi fosfat untuk kehidupan biota laut yaitu 0,015 mg/L [27].

Konsentrasi fosfat ketika pasang terlihat tinggi di Stasiun 1, 4, 5, 6, 7, 8, dan 10. Tingginya konsentrasi fosfat di Stasiun 1, 7 dan 10 diikuti dengan nilai konsentrasi klorofil-a yang tinggi di titik-titik lokasi tersebut (Gambar 8). Konsentrasi tinggi di bagian aliran muara Sungai Mahakam di Stasiun 5, 6, dan 7 tidak diikuti oleh konsentrasi klorofil-a yang tinggi (Gambar 8). Hal ini diduga disebabkan oleh kondisi perairan yang keruh sekitar lokasi tersebut yang disebabkan oleh partikel sedimen tersuspensi di kolom air, sehingga menghalangi cahaya matahari yang digunakan oleh fitoplankton untuk berfotosintesis. Konsentrasi fosfat yang tinggi pada bagian hulu estuari tersebut juga diduga disebabkan oleh fosfat yang berasal dari hasil pelapukan batuan dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai [40].



Gambar 12 Konsentrasi fosfat di perairan estuari Utara Delta Mahakam ketika pasang dan surut.

Peningkatan konsentrasi fosfat di area muara Sungai Mahakam (Stasiun 7 dan 10) diduga karena lokasi penelitian yang berdekatan dengan area vegetasi mangrove. Tingginya konsentrasi fosfat juga dapat berasal dari degradasi bahan organik [36]. Sedangkan di Stasiun 1, konsentrasi fosfat yang tinggi diduga dipengaruhi oleh aktivitas pertambakan di area tersebut.

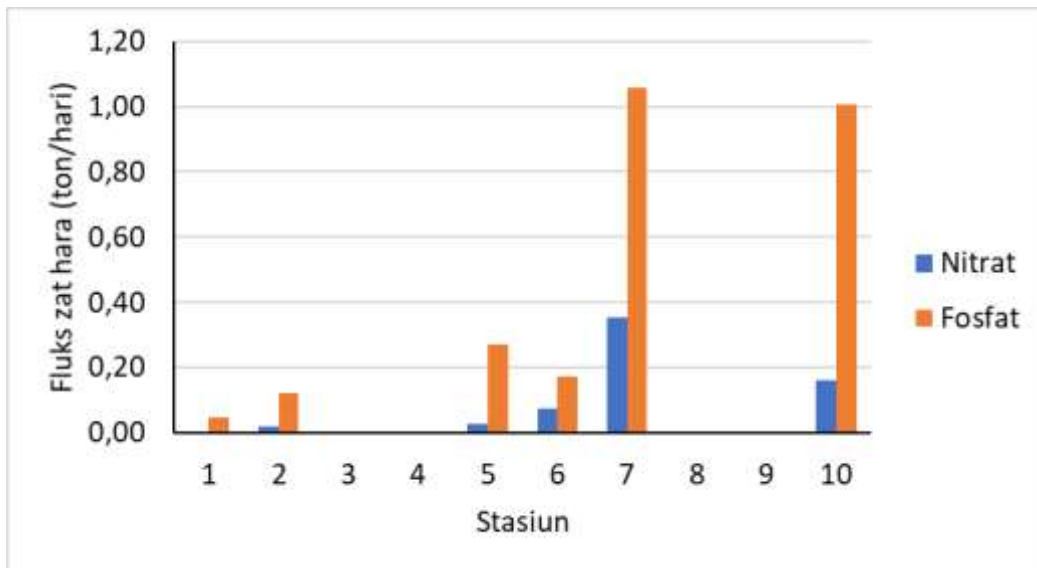
Konsentrasi fosfat ketika kondisi surut menunjukkan nilai yang tinggi di Stasiun 2, 3, dan 4. Hal ini diduga disebabkan oleh limbah aktivitas rumah tangga yang berada di sekitar Perairan Muara Badak yang bermuara ke perairan di sekitar Stasiun 3. Selain itu, juga ditambah dengan adanya aktivitas pertambakan di sekitar lokasi Stasiun 1 dan 2. Secara umum konsentrasi fosfat ketika kondisi surut terlihat meningkat dengan mengarah ke bagian muara sungai dan perairan laut.

#### 4.4 Fluks Unsur hara di Permukaan Air

Perhitungan beban masukan (fluks) nitrat dan fosfat tidak dilakukan di semua stasiun pengambilan sampel, karena keterbatasan waktu dan tenaga pada saat pengambilan sampel. Hasil perhitungan unsur hara pada kondisi pasang hanya terukur di muara Sungai Tiram (Stasiun 1 dan 2) sedangkan pada kondisi surut hanya terukur di aliran Sungai Mahakam (Stasiun 5 dan 6), Muara Berau Besar (Stasiun 7) dan Muara Berau Kecil (Stasiun 10).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa fluks unsur hara pada stasiun 1 dan 2 terlihat lebih rendah dibandingkan dengan Stasiun 5, 6, 7 dan 10 (Gambar 13). Tingginya fluks unsur hara di Stasiun 5, 6, 7 dan 10 diduga disebabkan oleh debit air yang mengarah Muara Berau Besar dan Muara Berau Kecil lebih besar dibandingkan dengan di debit air yang mengalir melalui Sungai Tiram (Stasiun 1 dan 2). Fluks nitrat berkisar antara 0,004-0,353 ton/hari, sedangkan fluks fosfat berkisar antara 0,049-1,058 ton/hari. Rata-rata konsentrasi fluks unsur hara secara keseluruhan menunjukkan bahwa suplai fosfat (0,446 ton/hari) yang masuk ke perairan estuari Utara Delta Mahakam lebih tinggi dibandingkan suplai nitrat (0,107 ton/ha). Tingginya beban masukan fosfat

yang mengarah ke Muara Berau diduga disebabkan oleh banyaknya pasokan limbah yang masuk dari daratan melalui sungai seperti deterjen dan limbah organik [41] dan suplai fosfat dari hasil pelapukan batuan dari daratan yang terbawa aliran sungai [40]. Hasil ini mengindikasikan suplai unsur hara di perairan estuari Utara Delta Mahakam didominasi oleh fosfat.



Gambar 13 Fluks nitrat dan fosfat di muara Sungai Mahakam di perairan estuari Utara Delta Mahakam (stasiun 3, 4, 8 dan 9 tidak dilakukan perhitungan fluks)

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan terhadap hasil penelitian Estimasi Fluks Unsur Hara di Perairan Utara Delta Mahakam, Kalimantan Timur, adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi nitrat di perairan estuari Utara Delta Mahakam terlihat lebih rendah dengan kisaran 0,002-0,005 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi fosfat yang berkisar 0,007-0,41 mg/L.
2. Sebaran unsur hara nitrogen di perairan estuari Utara Delta Mahakam menunjukkan konsentrasi nitrit dan ammonia yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi nitrat.
3. Fluks nitrat yang masuk ke perairan estuari Utara Delta Mahakam berkisar antara 0,004-0,353 ton/hari, sedangkan fluks fosfat berkisar antara 0,049-1,058 ton/hari yang mengindikasikan suplai unsur hara di perairan tersebut didominasi oleh fosfat.

### **5.2 Saran**

Hasil penelitian ini perlu disempurnakan dengan beberapa tambahan penelitian yang perlu dilakukan dalam menganalisis dinamika biogeokimia unsur hara di perairan estuari Utara Delta Mahakam, diantaranya adalah:

1. Studi stratifikasi massa air untuk melihat proses pencampuran di perairan estuari
2. Studi kekeruhan dan pengukuran total material tersuspensi
3. Studi distribusi unsur hara berdasarkan musiman

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Arndt, G. Lacroix, N. Gypens, P. Regnier and C. Lancelot, "Nutrient dynamics and phytoplankton development along an estuary–coastal zone continuum: A model study," *Journal of Marine Systems*, p. 49–66, 2011.
- [2] D. Yogaswara, "DISTRIBUSI DAN SIKLUS NUTRIEN DI PERAIRAN ESTUARI SERTA PENGENDALIANNYA," *Oseana*, vol. 45, no. 1, pp. 28-39, 2020.
- [3] P. J. Statham, "Nutrients in estuaries — An overview and the potential impacts of climate change," *Science of the Total Environment*, vol. 434, p. 213–227, 2012.
- [4] R. Howarth, F. Chan, D. J. Conley, J. Garnier, S. C. Doney, R. Marino and G. Billen, "Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems," *Front Ecol Environ*, vol. 9, no. 1, p. 18–26, 2011.
- [5] A. A. Bordalo, K. Chalermwat and C. Teixeira, "Nutrient variability and its influence on nitrogen processes in a highly turbid tropical estuary (Bangpakong, Gulf of Thailand)," *Journal of Environmental Sciences*, 2016.
- [6] M. G. Sassi, A. J. F. Hoitink, B. d. Brye, B. Vermeulen and E. Deleersnijder, "Tidal impact on the division of river discharge over distributary channels in the Mahakam Delta," *Ocean Dynamics*, vol. 61, p. 2211–2228, 2011.
- [7] E. Dutrieux, "Study of the Ecological Functioning of the Mahakam Delta (East Kalimantan, Indonesia)," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 32, pp. 415-420, 1991.
- [8] Z. Zain, S. Hutabarat, B. Prayitno and Ambaryanto, "Potency of Mahakam Delta in East Kalimantan, Indonesia," *International Journal of Science and Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 126-130,, 2014.
- [9] I. SUYATNA, A. A. BRATAWINATA, A. S. SIDIK and A. RUCHAEMI, "Demersal fishes and their distribution in estuarine waters of Mahakam Delta, East Kalimantan," *BIO DIVERSITAS*, vol. 11, no. 4, pp. 204-210, 2010.
- [10] H. Effendi, M. Kawaroe, D. F. Lestari, Mursalin and T. Permadi, "Distribution of phytoplankton diversity and abundance in Mahakam Delta, East Kalimantan," in *The 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 2015, LISAT-FSEM 2015*, 2016.
- [11] I. Suyatna, T. Hanjoko, A. Adnan, M. Yasser, M. Efendie, A. A. Budiarsa, R. Eryati, A. Rafii and A. S. Sidik, "First record of coral reefs in the delta front of Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia," *AACL Bioflux*, vol. 10, no. 4, pp. 687-697, 2017.

- [12] M. R. Syahrir, T. Hanjoko, A. Adnan, M. Yasser, M. Efendi, A. A. Budiarsa and I. Suyatna, "The existence of estuarine coral reef at eastern front of Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia: a first record," *AACL Bioflux*, vol. 378, no. 2, p. 362, 2018.
- [13] H. B. Prayitno and Afdal, "SPATIAL DISTRIBUTIONS OF NUTRIENTS AND CHLOROPHYLL-A: A POSSIBLE OCCURRENCE OF PHOSPHORUS AS A EUTROPHICATION DETERMINANT OF THE JAKARTA BAY," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 11, no. 1, pp. 1-12, 2019.
- [14] D. L. Breitburg, J. K. Craig, R. S. Fulford, K. A. Rose, W. R. Boynton, D. C. Brady, B. J. Ciotti, R. J. Diaz, K. D. Friedland, J. D. H. III, D. R. Hart, A. H. Hines, E. D. Houde, S. E. Kolesar, S. W. Nixon, J. A. Rice, D. H. Secor and T. E. Targett, "Nutrient enrichment and fisheries exploitation: interactive effects on estuarine living resources and their management," *Hydrobiologia*, vol. 629, p. 31–47, 2009 .
- [15] A. A. SHANTZ and D. E. BURKEPILE, "Context-dependent effects of nutrient loading on the coral–algal mutualism," *Ecology*, vol. 95, no. 7, p. 1995–2005, 2014.
- [16] C. D'Angelo and J. r. Wiedenmann, "Impacts of nutrient enrichment on coral reefs: new perspectives and implications for coastal management and reef survival," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 7, p. 82–93, 2014.
- [17] S. Falco, L. Niencheski, M. Rodilla, I. Romero, J. G. l. d. Rí'ó, J. Sierra and C. M. sso, "Nutrient flux and budget in the Ebro estuary," *Estuarine, Coastal and Shelf Science* , vol. 87, p. 92–102, 2010.
- [18] F. Pello, E. Adiwilaga, N. Huliselan and A. Damar, "PENGARUH MUSIM TERHADAP BEBAN MASUKKAN NUTRIEN DI TELUK AMBON DALAM," *Jurnal Bumi Lestari*, vol. 14, no. 1, pp. 63 - 73, 2014.
- [19] G. Cutter, P. Andersson, L. Codispoti, P. Croot, R. Francois, M. Lohan, H. Obata and M. R. v. d. Loeff, *Sampling and Sample-handling Protocols for GEOTRACES Cruises*, <http://www.geotraces.org/libraries/documents/Intercalibration/Cookbook.pdf>, 2010.
- [20] N. Marlian, A. Damar and H. Effendi, "Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat," *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 20, no. 3, pp. 272-279, 2015.
- [21] C. LORENZEN, "Determination of chlorophyll and phaeopigments. Spectrophotometric equations," *Limnol. and Oceanogr.*, vol. 12, p. 343–346, 1967.
- [22] S. Prasetyo, "Mikroplastikancam pesisir Indonesia.," 2012. [Online]. Available: [http://rafflesia.wwf.or.id/library/admin/attachment/clips/e323\\_310112\\_SH\\_Mikroplastik.pdf](http://rafflesia.wwf.or.id/library/admin/attachment/clips/e323_310112_SH_Mikroplastik.pdf).



- [23] F. Firdaus, T. Pin and Supriatna, "Distribution of phytoplankton using remote sensing in Cimandiri Estuary, Sukabumi, West Java," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 481, 2020.
- [24] I. W. A. I. G. H. Ni Luh Gede Rai Ayu Saraswati, "Analisis Kualitas Perairan Pada Wilayah Perairan Pulau Serangan Bagian Utara Berdasarkan Baku Mutu Air Laut," *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 163-170, 2017.
- [25] F. Y. Y. P. S. I. Simon I. Patty, "Analisis Kualitas Perairan Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Air Laut," *Jurnal Kelautan Tropis*, vol. 24, no. 1, pp. 113-122, 2021.
- [26] R. E. A. M. M. L. Jonson Lumban Gaol, "PEMETAAN SUHU PERMUKAAN LAUT DARI SATELIT DI PERAIRAN INDONESIA UNTUK MENDUKUNG "ONE MAP POLICY"," in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, Bogor, 2014.
- [27] P. P. RI, "PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 22 TAHUN 2021 TENTANG PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP," in *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA*, Jakarta, KEMENTERIAN SEKRETARIAT NEGARA REPUBLIK INDONESIA, 2021.
- [28] S. S. P. Rizki Purnaini, "PENGARUH PASANG SURUT TERHADAP SEBARAN SALINITAS DI SUNGAI KAPUAS KECIL," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 1, no. 2, pp. 021 - 029, 2018.
- [29] M. A. M. Khairul Amri, "VARIASI BULANAN SALINITAS, PH, DAN OKSIGEN TERLARUT DI PERAIRAN ESTUARI BENGKALIS," *Majalah Ilmiah Globë*, vol. 20, no. 2, pp. 57-66, 2018 .
- [30] A. T. S. M. Furqon Azis Ismail, "SEBARAN HORIZONTAL SUHU, SALINITAS DAN KEKERUHAN DI PANTAI DUMOGA, SULAWESI UTARA," *Jurnal Harpodon Borneo*, vol. 5, no. 1, pp. 51-56, 2012.
- [31] S. Y. W. M. Z. Greenaty Hidayah, "Studi Sebaran Klorofil-a Secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan, Pati," *Buletin Oseanografi Marina*, vol. 5, no. 1, p. 52 – 59, 2016.
- [32] F. A. I. S. d. R. A. Dilah Zulhaniarta, "SEBARAN KONSENTRASI KLOOROFIL-A TERHADAP NUTRIEN MUARA SUNGAI BANYUASIN KABUPATEN BANYUASIN PROVINSI SUMATERA SELATAN," *MASPARI JOURNAL*, vol. 7, no. 1, pp. 9-20, 2015.
- [33] H. S. T. Z. U. I. Ramadoni, "KARAKTERISTIK MASSA AIR DAN TIPE ESTUARI DI PERAIRAN MUARA SUGIHAN PROVINSI SUMATERA SELATAN," *MASPARI*

*JOURNAL*, vol. 10, no. 2, pp. 169-178, 2018.

- [34] H. Effendi, Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan, Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [35] M. A. B. H. Andriani Nasir, "NUTRIEN N-P DI PERAIRAN PESISIR PANGKEP, SULAWESI SELATAN," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 10, no. 1, pp. 135-141,, 2018.
- [36] A. I. S. P. F. F. A. d. Y. S. Wike Ayu Eka Putri, "KONDISI NITRAT, NITRIT, AMONIA, FOSFAT DAN BOD DI MUARA SUNGAI BANYUASIN, SUMATERA SELATAN," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 11, no. 1, pp. 65-74, 2019.
- [37] C. C. o. M. o. t. Environment, Canadian water quality guidelines, Ottawa: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2008.
- [38] W. N. Y. Z. Y. P. J.Y. Zhang, "Effects of different nitrogen species on sensitivity and photosynthetic of three common freshwater diatoms," *Aquat Ecol.*, vol. 47, pp. 25-35, 2012.
- [39] A. J. I. S. G. S. S. S. M. Kivimaenpaa, "The use of light and electron microscopy to assess the impact of ozone on Norway Spruce Needles," *Environ Poll.*, vol. 127, pp. 441-453, 2004.
- [40] H. Sanusi, Kimia laut - Proses fisik kimia dan interaksinya dengan Lingkungan, Bogot: Institut Pertanian Bogor, 2006 .
- [41] A. F. Wahidah Inayati, "ANALISIS BEBAN MASUK NUTRIEN TERHADAP KELIMPAHAN KLOOROFIL-A SAAT PAGI HARI DI SUNGAI BANCARAN KABUPATEN BANGKALAN," *Juvenil*, vol. 1, no. 3, pp. 406-416, 2020.

**LAMPIRAN**

**Data parameter *insitu* kondisi pasang**

NO.	STASIUN / Jam	TITIK KOORDINAT	Wilayah perairan	Suhu °C	pH	Salinitas / PPT
1.	1	034	Permukaan	28,7	7,29	20
		S 002319.4	Tengah	-	-	20
		E 1172731.5	Dasar	-	-	20
Jam 07.06						
2.	2	035	Permukaan	28,5	7,08	20
		S 002116.8	Tengah	-	-	20
		E 1172722.8	Dasar	-	-	21
Jam 07.35						
3.	3	036	Permukaan	27,9	7,55	16
		S 001943.3	Tengah	-	-	16
		E 1172742.8	Dasar	-	-	23
Jam 07.48						
4.	4	037	Permukaan	28,2	7,72	17
		S 001738.2	Tengah	-	-	26
		E 1172819.2	Dasar	-	-	29
Jam 08.23						
5.	5	038	Permukaan	30,2	5,90	0
		S 002439.0	Tengah	-	-	0
		E 117 28 18.5	Dasar	-	-	0
Jam 11.30						

NO.	STASIUN / Jam	TITIK KOORDINAT	Wilayah perairan	Suhu	pH	Salinitas
6.		039	Permukaan	29,8	6,16	0
	6	S 002332.5	Tengah	-	-	0
		E 1172848.3	Dasar	-	-	0
Jam 11.03						
7.		040	Permukaan	29,8	7,38	0
		S 002057.1	Tengah	-	-	0
	7	E 1172948.0	Dasar	-	-	0
Jam 09.59						
8.		041	Permukaan	28,6	7,69	7
	8	S 001826.8	Tengah	-	-	21
		E 1172946.6	Dasar	-	-	29
Jam 08.55						
9.		041	Permukaan	29,1	7,39	5
		S 001926.0	Tengah	-	-	20
	9	E 1173058.1	Dasar	-	-	24
Jam 09.18						
10.		042	Permukaan	30,1	6,52	5
		S 002120.0	Tengah	-	-	5
	10	E 1173047.3	Dasar	-	-	5
Jam 10.27						

**Data parameter in situ kondisi Surut**

<b>NO.</b>	<b>STASIUN</b> / <b>Jam</b>	<b>Wilayah</b> <b>perairan</b>	<b>Suhu</b> °C	<b>pH</b>	<b>Salinitas</b> / PPT
<b>1.</b>	1	Permukaan	30,5	7,10	20
		Tengah	-	-	20
		Dasar	-	-	20
Jam 16.08					
<b>2.</b>	2	Permukaan	30,5	7,26	23
		Tengah	-	-	25
		Dasar	-	-	24
Jam 15.49					
<b>3.</b>	3	Permukaan	31,5	7,78	22
		Tengah	-	-	24
		Dasar	-	-	22
Jam 15.33					
<b>4.</b>	4	Permukaan	31,2	7,73	21
		Tengah	-	-	21
		Dasar	-	-	23
Jam 15.09					
<b>5.</b>	5	Permukaan	30,2	5,57	0
		Tengah	-	-	0
		Dasar	-	-	0
Jam 11.46					
<b>NO.</b>	<b>STASIUN</b> / <b>Jam</b>	<b>Wilayah</b> <b>perairan</b>	<b>Suhu</b>	<b>pH</b>	<b>Salinitas</b>
<b>6.</b>		Permukaan	20,2	6,28	1

6	Tengah	-	-	0
	Dasar	-	-	0

Jam 12.03

7.	Permukaan	30,2	5,88	1
	Tengah	-	-	1
7	Dasar	-	-	1

Jam 14.20

8.	Permukaan	31,7	7,80	18
8	Tengah	-	-	20
	Dasar	-	-	20

Jam 14.49

9.	Permukaan	31,3	6,37	1
	Tengah	-	-	1
9	Dasar	-	-	1

Jam 13.58

10.	Permukaan	30	6,23	2
	Tengah	-	-	2
10	Dasar	-	-	2

Jam 12.32

### Dokumentasi Kegiatan Penelitian

