

FLUKS NUTRIEN KARENA PERCAMPURAN TURBULEN VERTIKAL DI PERAIRAN BANGGAI, LAUT MALUKU

ARINAL FADLILAH RAHMAT



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Fluks Nutrien karena Percampuran Turbulen Vertikal di Perairan Banggai, Laut Maluku” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Arinal Fadlilah Rahmat
C5401211007



ABSTRAK

ARINAL FADLILAH RAHMAT. Fluks Nutrien karena Percampuran Turbulen Vertikal di Perairan Banggai, Laut Maluku. Dibimbing oleh AGUS SALEH ATMADIPOERA dan FAISAL HAMZAH.

Percampuran massa air secara vertikal dapat mengakibatkan terjadinya fluks nutrien dari lapisan dalam yang kaya nutrien menuju ke lapisan permukaan. Proses percampuran tersebut berperan penting untuk menopang pasokan nutrien yang dimanfaatkan untuk proses fotosintesis oleh fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil nutrien dan besarnya pengaruh percampuran vertikal terhadap fluks nutrien di Perairan Banggai, Laut Maluku. Analisis konsentrasi nutrien menggunakan metode spektrofotometri dan analisis percampuran vertikal menggunakan metode Thorpe. Konsentrasi nitrat dan nitrit (N+N) berkisar 0,006 – 0,340 ppm dengan rerata tertinggi 0,161 ppm di ST 13, dan konsentrasi fosfat (PO_4^{3-}) berkisar 0,010 – 0,167 ppm dengan rerata tertinggi sebesar 0,089 ppm di ST 13. Nilai difusivitas eddy vertikal (K_z) berkisar pada rentang nilai 10^{-6} sampai $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ dengan rerata tertinggi di ST 13 sebesar $4,63 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ di lapisan termoklin. Tingginya nilai ini sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi yang dangkal dan kasar serta dekat dengan selat. Nilai fluks nutrien tertinggi berada di lapisan tercampur dengan nilai fluks nitrogen $1,09 \times 10^{-5} \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dan fluks fosfat sebesar $8,67 \times 10^{-5} \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Hasil ini mengindikasikan bahwa proses *upwelling* dan percampuran vertikal berperan penting dalam mendukung kesuburan perairan melalui suplai nutrien dari lapisan dalam ke lapisan atas Perairan Banggai, Laut Maluku.

Kata kunci: Banggai, BUDEE, fluks nutrien, nutrien, percampuran vertikal



ABSTRACT

ARINAL FADLILAH RAHMAT. Nutrient Flux Driven by Vertical Turbulent Mixing in the Banggai Waters, Maluku Sea. Supervised by AGUS SALEH ATMADIPOERA and FAISAL HAMZAH

Vertical mixing can transport nutrients from deep, nutrient-rich layers to surface waters, playing a vital role in sustaining nutrient availability for phytoplankton photosynthesis. This research examines nutrient profiles and the influence of vertical mixing on nutrient flux in the Banggai Waters, Maluku Sea. Nutrient concentrations were measured using spectrophotometry, while vertical mixing was analyzed with the Thorpe method. The concentrations of nitrate and nitrite (N+N) ranged from 0,006 – 0,340 ppm, with the highest average value of 0,161 ppm observed at ST 13. Phosphate (PO_4^{3-}) concentrations varied between 0,010 – 0,167 ppm, also peaking at ST 13 with an average of 0,089 ppm. Vertical eddy diffusivity (K_z) ranged from 10^{-6} to 10^{-2} m^2/s , with the highest average, $4,63 \times 10^{-3}$ m^2/s , found in the thermocline at ST 13. These elevated values are strongly influenced by the area's shallow, rough topography and its proximity to a strait, which enhances mixing. The greatest nutrient flux was detected in the mixed layer, with nitrogen flux reaching $1,09 \times 10^{-5}$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ and phosphate flux $8,67 \times 10^{-5}$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. The results highlight the significant contribution of upwelling and vertical mixing in supplying nutrients from deeper layers, supporting the fertility of the Banggai Waters in the Maluku Sea.

Keywords: Banggai, BUDEE, flux nutrients, nutrients, vertical mixing



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

FLUKS NUTRIEN KARENA PERCAMPURAN TURBULEN VERTIKAL DI PERAIRAN BANGGAI, LAUT MALUKU

ARINAL FADLILAH RAHMAT

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Rastina, S.T., M. T

2. Mochamad Tri Hartanto S.Pi., M.Si.

Judul Skripsi : Fluks Nutrien karena Percampuran Turbulen Vertikal di Perairan
Banggai, Laut Maluku

Nama : Arinal Fadlilah Rahmat

NIM : C5401211007

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S

Pembimbing 2:

D.Sc. Faisal Hamzah, S.Pi



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan

Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si.

NIP 197207262005011002



Tanggal Ujian: 1 Agustus 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari sampai bulan Februari 2025 ini ialah Oseanografi, dengan judul **“Fluks Nutrien karena Percampuran Turbulen Vertikal di Perairan Banggai, Laut Maluku.”**

Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S selaku dosen pembimbing I, dan Bapak D.Sc. Faisal Hamzah, S.Pi selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan banyak memberi saran, arahan, serta semangat.
2. Ibu Dr. Rastina, S.T., M.T selaku dosen penguji tamu dan Bapak Mochamad Tri Hartanto, S.Pi., M.Si selaku dosen perwakilan program studi yang telah memberi masukan untuk perbaikan skripsi ini.
3. Prof. Henry Munandar Manik, Ph.D selaku pembimbing akademik yang banyak memberi arahan kepada penulis selama perkuliahan.
4. Bapak Dr. Afdal, M.Si selaku Koordinator Laboratorium Biogeokimia , Ibu Suci Lastrini selaku teknisi Laboratorium Biogeokimia BRIN LATERIO yang telah banyak membantu penulis saat bekerja di laboratorium dan periset Ekspedisi BUDEE 2022 yang telah membantu terkait pengumpulan data.
5. Prof. Dr. Adi Purwandana, M.Si, Mba Dzakiyyah, dan Bang Fikri Ananda yang telah banyak membantu penulis dalam pengolahan dan analisis data.
6. Kedua orang tua tercinta dan tersayang, Almarhum abah tercinta, Mamat Rahmat yang selalu penulis do'akan dan rindukan. Ibu tersayang Entit Rochcahyawati yang terdepan mendo'akan, mendukung, dan memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini serta tidak henti-hentinya mengingatkan penulis untuk selalu beribadah dan berdo'a kepada Allah SWT.
7. Aa (Aliffa Ilfan Rachmat), Teteh (Fairuz Iftinan, Iis Tuti, Derry Susanti, Siska Mandasari), Ua (Eli Suhaeli, Yeyet Nurcahyawati), Keponakan tersayang (Zaskia, Nessy, Desfara, Ruby) serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.
8. Dewanti, Salsa, Zaskya, dan Salwa yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis dan memberi dukungan, semangat kepada penulis.
9. Nibtri, Ainnun, Dhini, Nahdah, Audy, Anandien, Maretha, dan Sesil yang penulis anggap sebagai rekan seperjuangan yang kebersamai penulis meraih cita-cita.
10. Teman-teman ITK 58 *“Odontanthias randalli”* yang telah kebersamai dan memberi banyak pengalaman kepada penulis hingga saat ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus
2025

Arinal Fadlilah Rahmat



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Pengambilan Data	5
2.3.1 Penentuan titik stasiun	6
2.3.2 Pengukuran data	7
2.3.3 Pengambilan sampel air laut	7
2.4 Pengolahan Data	7
2.4.1 Pengolahan data CTD	7
2.4.2 Pembuatan deret standar	8
2.4.3 Analisis nutrien	9
2.5 Analisis Data	10
2.5.1 Stratifikasi Massa Air	10
2.5.2 Perhitungan percampuran vertikal massa air	10
2.5.3 Perhitungan estimasi fluks nutrien	13
2.5.4 Perhitungan konsentrasi nutrien	13
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Profil Menegak dan Melintang Fisika Perairan	15
3.2 Profil Menegak dan Melintang Nutrien	19
3.3 Estimasi Percampuran Vertikal	24
3.3.1 Estimasi Skala Thorpe	24
3.3.2 Laju Disipasi Energi Kinetik Turbulen	26
3.3.3 Difusivitas Eddy Vertikal	28
3.4 Estimasi Fluks Nutrien	29
3.5 Tingkat Kesuburan Perairan	34
SIMPULAN DAN SARAN	38
4.1 Simpulan	38
4.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

1	Alat yang digunakan untuk analisis sampel nutrisi	5
2	Bahan yang digunakan untuk analisis sampel nutrisi	5
3	Koordinat stasiun penelitian di Perairan Banggai, Laut Maluku	6
4	Kriteria tingkat kesuburan perairan berdasarkan parameter nutrisi nitrat dan fosfat	34

DAFTAR GAMBAR

5	Peta lokasi penelitian	4
6	Diagram alir penelitian	6
7	Profil menegak suhu (a), salinitas (b), densitas (c), DO (d) di Perairan Banggai, Laut Maluku	15
8	Ketebalan lapisan tercampur dan lapisan termoklin di Perairan Banggai, Laut Maluku berdasarkan gradien suhu (a), dan densitas (b)	16
9	Profil melintang suhu (a), salinitas (b), densitas (c), DO (d) di Perairan Banggai, Laut Maluku	17
10	Profil menegak NO_3^- di stasiun <i>upwelling</i> (a), NO_2^- di stasiun <i>upwelling</i> (b), NO_3^- di stasiun <i>non-upwelling</i> (c), NO_2^- di stasiun <i>non-upwelling</i> (d) di Perairan Banggai, Laut Maluku	20
11	Profil menegak N+N di stasiun <i>upwelling</i> (a), PO_4^{3-} di stasiun <i>upwelling</i> (b), N+N di stasiun <i>non-upwelling</i> (c), PO_4^{3-} di stasiun <i>non-upwelling</i> di Perairan Banggai, Laut Maluku	21
12	Profil melintang NO_3^- (a), NO_2^- (b), N+N (c), PO_4^{3-} (d) di Perairan Banggai, Laut Maluku	23
13	Profil perpindahan Thorpe setelah di seleksi (<i>dTx</i>) ST 13 (a), ST 54 (b) di Perairan Banggai, Laut Maluku	25
14	Profil menegak vertikal Skala Thorpe (LT) ST 13 (a), ST 54 (b) di Perairan Banggai, Laut Maluku	26
15	Profil menegak disipasi energi kinetik turbulen ST 13 (a), ST 54 (b) di Perairan Banggai, Laut Maluku	27
16	Profil menegak difusivitas eddy vertikal ST 13 (a), ST 54 (b) di Perairan Banggai, Laut Maluku	28
17	Profil fluks N+N (a), PO_4^{3-} (b) di Perairan Banggai, Laut Maluku	30
18	Profil fluks N+N (a), PO_4^{3-} (b) di ST 13 dan 54 di Perairan Banggai, Laut Maluku	33
19	Rerata konsentrasi NO_3^- di lapisan tercampur (< 50 m) dan lapisan termoklin (50 – 150 m) di Perairan Banggai, Laut Maluku	35
20	Rerata konsentrasi PO_4^{3-} di lapisan tercampur (< 50 m) dan lapisan termoklin (50 – 150 m) di Perairan Banggai, Laut Maluku	36



DAFTAR LAMPIRAN

21	Rincian data CTD yang digunakan saat pengambilan data in situ di Perairan Banggai, Laut Maluku	44
22	Variasi kedalaman lapisan tercampur dan lapisan termoklin di Perairan Banggai, Laut Maluku berdasarkan gradien suhu	44
23	Variasi kedalaman lapisan tercampur dan lapisan termoklin di Perairan Banggai, Laut Maluku berdasarkan gradien densitas	45
24	Hasil analisis sampel nutrisi <i>Deep Sea Water</i> (DSW)	45
25	Hasil analisis nutrisi di Perairan Banggai, Laut Maluku	46
26	Hasil analisis nutrisi di Perairan Banggai, Laut Maluku (Lanjutan)	47
27	Larutan standar nitrat absorbansi dan konsentrasi (a), kurva standar (b)	47
28	Larutan standar nitrit absorbansi dan konsentrasi (a), kurva standar (b)	47
29	Larutan standar fosfat absorbansi dan konsentrasi (a), kurva standar (b)	48
30	Rerata nilai ε dan K_z difusivitas eddy vertikal	48
31	Rerata nilai ε dan K_z (lanjutan)	49
32	Nilai fluks $N+N$ dan PO_4 – di Perairan Banggai, Laut Maluku	49
33	Nilai fluks $N+N$ dan PO_4 – di Perairan Banggai, Laut Maluku (lanjutan)	50
34	Profil menegak perpindahan Thorpe	50
35	Profil Panjang Thorpe	51
36	Profil menegak disipasi energi kinetik turbulen	51
37	Profil menegak difusivitas eddy vertikal	52