

VARIABILITAS SESAR ARUS DAN PERCAMPURAN TURBULEN DI LAUT HALMAHERA

JESIKHA DWI APRILIA



PROGRAM MAGISTER ILMU 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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Variabilitas Sesar Arus dan Percampuran Turbulen di Laut Halmahera” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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 tesis ini.

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

Bogor, Desember 2025

Jesikha Dwi Aprilia
NIM.C5501231006

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan 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.

RINGKASAN

JESIKHA DWI APRILIA. Variabilitas Sesar Arus dan Percampuran Turbulen di Laut Halmahera . Dibimbing oleh YULI NAULITA, I WAYAN NURJAYA, dan ADI PURWANDANA.

Halmahera merupakan jalur arus lintas Indonesia yang menjadi penghubung antara Samudra Pasifik menuju Samudera Hindia, memiliki topografi kompleks serta stratifikasi kuat, berpotensi tinggi dalam pembangkitan gelombang internal dan proses pencampuran vertikal. Dinamika fenomena ini berperan penting dalam transfer energi dan momentum di kolom perairan. Penelitian ini bertujuan melihat distribusi spasial temporal sesar arus periode 1-2 Februari 2021, kontribusi gelombang internal terhadap variabilitas sesar arus dan pencampuran turbulen dengan dua parameter yaitu nilai laju disipasi energi kinetik dan difusivitas *eddy* vertikal. Studi dilakukan menggunakan data arsip observasi badan riset dan inovasi nasional (BRIN) meliputi suhu dan salinitas menggunakan sistem *Conductivity, Temperature, Depth* (CTD) *Sea-Bird Electronics (SBE) 911plus*, data kecepatan arus menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) dan data hambur balik *echosounder*.

Analisis data dilakukan melalui perhitungan parameter, gradien sesar arus, struktur dinamika gelombang internal, laju disipasi energi kinetik turbulen, dan difusivitas *eddy* vertikal dengan analisis skala *Thorpe* teroptimasi. Analisis difokuskan pada lapisan kedalaman 50–400 m, hasil menunjukkan bahwa peningkatan sesar arus dipicu oleh aktivitas gelombang internal pada kedalaman 50–300 m. Lapisan atas (10–200 m) memperlihatkan korelasi negatif kuat, menandakan pengaruh dominan gaya gesek permukaan terhadap penurunan intensitas sesar arus dengan bertambahnya kedalaman. Pada lapisan menengah (200–300 m), sedangkan pada lapisan bawah (300–400 m) korelasi berbalik positif akibat pengaruh topografi dasar laut dan interaksi arus baroklinik. Pola ini mengindikasikan bahwa variabilitas sesar arus di Laut Halmahera dikendalikan oleh kombinasi gaya permukaan, energi gelombang internal, dan kontrol topografi.

Zona pencampuran turbulen signifikan teridentifikasi di kedalaman 50–300 m. Massa air selatan Pasifik memiliki nilai maksimum salinitas sebesar 35,5 Psu pada lapisan menengah isopiknal $\sigma_\theta = 25,4$, dan salinitas minimum 34,5 di lapisan isopiknal $\sigma_\theta = 26,5$. Laut Halmahera bagian selatan dekat selat Obi mengalami perubahan nilai salinitas maksimum pada lapisan isopiknal $\sigma_\theta = 25,5$ sebesar 35,4 Psu, sementara nilai salinitas minimum di lapisan $\sigma_\theta = 26$ sekitar 34,6 Psu membawa massa air *South Pacific Subtropical Water* (SPSW). Rentang lapisan isopiknal $\sigma_\theta = 24-26$ yang mengalami perubahan memiliki laju disipasi energi kinetik turbulen ε (10^{-6} W/kg) dan difusivitas *eddy* vertikal $K\rho$ (10^{-3} m² s⁻¹). Lapisan isopiknal $\sigma_\theta = 26-27$ mengalami penurunan nilai minimum dengan nilai ε (10^{-7} W/kg) dan $K\rho$ (10^{-3} m² s⁻¹) yang ditemukan di lapisan menengah dan dalam, dekat selat Obi menunjukkan bahwa adanya pencampuran yang didorong oleh ketidakstabilan geser terkait dengan zona disipasi energi gelombang internal.

Kata kunci: Gelombang internal, pencampuran vertikal, sesar arus, topografi,



SUMMARY

JESIKHA DWI APRILIA. Variability of current shear and Turbulent Mixing in Southern of Halmahera Sea. Supervised by YULI NAULITA, I WAYAN NURJAYA, dan ADI PURWANDANA.

Halmahera is an Indonesian crossstream route between the Pacific Ocean and the Indian Ocean with complex topography and strong stratification, making it highly susceptible to internal wave generation and vertical mixing processes. The dynamics of this phenomenon play an important role in the transfer of energy and momentum in the water column. This study aims to examine the spatial-temporal distribution of current shear during the period of February 1-2, 2021, the contribution of internal waves to current shear variability, and turbulent mixing with two parameters, namely the kinetic energy dissipation rate and vertical eddy diffusivity. The study was conducted using archival observation data from the National Research and Innovation Agency (BRIN), including temperature and salinity data collected using the Sea-Bird Electronics (SBE) 911plus Conductivity, Temperature, Depth (CTD) system, current velocity data collected using an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), and echo sounder backscatter data.

Translated with DeepL.com (free version) Data analysis was performed by calculating key parameters, current shear gradients, internal wave dynamic structures, turbulent kinetic energy dissipation rates, and vertical eddy diffusivity, with a focus on Thorpe scale analysis optimized to measure mixing intensity. The depth layer focus was 50-400 m, and the results showed an increase in current shear by internal waves occurring on a minute to hour scale. The upper layer (10–200 m) shows a strong negative correlation, indicating the dominant influence of surface friction and internal wave energy on the decrease in current intensity with increasing depth. In the middle layer (200–300 m), the relationship weakens, while in the bottom layer (300–400 m), the correlation reverses to positive due to the influence of seafloor topography and baroclinic current interactions. This pattern indicates that the variability of current shear in the Halmahera Sea is controlled by a combination of surface forces, internal wave energy, and topographic control.

A significant turbulent mixing zone was identified at a depth of 50–300 m. The southern Pacific water mass has a maximum salinity value of 35,5 Psu at the middle isopycnal layer $\sigma_\theta = 25,4 \text{ kg/m}^3$, and a minimum salinity of 34,5 Psu at the isopycnal layer $\sigma_\theta = 26,5 \text{ kg/m}^3$. The Halmahera Sea near the Obi Strait experiences a change in maximum salinity value in the isopycnal layer $\sigma_\theta = 25.5 \text{ kg/m}^3$ of 35.4 Psu, while the minimum salinity value in the layer $\sigma_\theta = 26 \text{ kg/m}^3$ is around 34,6 Psu that carried South Pacific Subtropical Water (SPSW). The isopycnal $\sigma_\theta = 24-26 \text{ kg/m}^3$ isopycnal layer range that experienced changes had a turbulent kinetic energy dissipation rate ε (10^{-6} W/kg) and vertical eddy diffusivity $K\rho$ ($10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$). The isopycnal layer $\sigma_\theta = 26-27$ experienced a decrease in minimum value with ε (10^{-7} W/kg) and $K\rho$ ($10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) values found in the middle and deep layers near the Obi Strait, indicating mixing driven by shear instability associated with the internal wave energy dissipation zone.

Keywords: Internal wave, shear current, topography, vertical mixing, water mass

@Hak Cipta: IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.

© 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.



@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.

VARIABILITAS SESAR ARUS DAN PERCAMPURAN TURBULEN DI LAUT HALMAHERA

JESIKHA DWI APRILIA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Kelautan.

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Dr. Mochamad Riza Iskandar, M.Si
- 2 Dr. Rastina, M.T

Judul Tesis : Variabilitas Sesar Arus dan Percampuran Turbulen di Laut
Halmahera
Nama : Jesikha Dwi Aprilia
NIM : C5501231006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Ir. I Wayan Nurjaya, M. Sc

Pembimbing 2:
Prof (Ris). Adi Purwandana, M. Si





Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr.Ir. Neviaty Putri Zamani, M. Sc
NIP. 19641014 1988032001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M. Sc
NIP. 196307311988031002




Tanggal Ujian: 04 November 2025

Tanggal Lulus:



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSR E, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code



@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 *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini berjudul “Variabilitas Sesar Arus dan Percampuran Turbulen di Laut Halmahera” dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini menggunakan data observasi dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang dikumpulkan pada tanggal 1–2 Februari 2021.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Ibu Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si, Bapak Dr. Ir I Wayan Nurjaya, M.Sc dan Bapak Profesor Adi Purwandana, M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Di samping itu, rasa terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada Lembaga Pendanaan Dana pendidikan (LPDP), Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah mendanai studi magister di IPB University.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah dan ibuku Rani S. Radjilun dan Hasia, serta seluruh keluarga atas cinta, doa, dan pengorbanan yang tiada henti. Teman-teman Ilmu Kelautan Pascasarjana IPB 2023, serta teman-teman Oseanografi Fisika yang selalu membantu kala suka dan duka.

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

Bogor, Desember 2025

Jesikha Dwi Aprilia



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Analisis data	10
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 Topografi Dasar Perairan	16
3.2 Arus	16
3.3 Angin	23
3.4 Stratifikasi Massa Air	24
3.5 Distribusi Spasial Percampuran Turbulen	26
3.5 Tipikal Massa Air	27
3.6 Sebaran Arus, Suhu dan Salinitas Berdasarkan Data Model Analisis Ulang HYCOM	30
IV SIMPULAN DAN SARAN	32
4.1 Simpulan	32
4.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
RIWAYAT HIDUP	39



DAFTAR TABEL

1	Alat dan bahan penelitian analisis variabilitas sesar arus dan percampuran turbulen di Laut Halmahera.	6
2	Uraian data CTD yang digunakan dalam estimasi percampuran turbulen dan karakteristik massa air di Laut Halmahera.	6
3	Tahapan pengolahan data CTD menggunakan SBE.	9
4	Estimasi laju disipasi energi kinetik dan difusivitas <i>eddy</i> vertikal di Selatan perairan Halmahera.	28

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alur berpikir analisis sesar arus dan percampuran turbulen di Laut Halmahera.	3
2	Lokasi pengambilan data suhu, salinitas, kedalaman, di Laut Halmahera.	5
3	Peta topografi dasar Laut Halmahera secara 2 dimensi dan 3 dimensi.	16
4	Lintasan kapal pengukuran arus pada tanggal 1-2 Februari 2026 di Laut Halmahera.	17
5	Profil spasial-temporal kecepatan komponen arus diukur dari pemetaan SADCP pada 1-2 Februari 2021 di Laut Halmahera.	18
6	Distribusi spasial sesar arus rata-rata kedalaman sepanjang transek kapal melintasi Laut Halmahera pada 1-2 Februari 2021.	19
7	Ekogram intensitas hamburan balik akustik (120 kHz) pada kedalaman 50–300 m yang dilapisi nilai sesar arus diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan warna lingkaran.	19
8	Profil komponen arus zonal (u), meridional (v), dan sesar arus terhadap kedalaman pada tiga fase gelombang internal.	20
9	Struktur topografi dan variabilitas sesar arus sepanjang transek pengamatan di Laut Halmahera.	21
10	Plot sebaran hubungan antara kedalaman dasar dan rata-rata sesar arus dalam empat lapisan kedalaman.	23
11	Kecepatan angin selama periode pengambilan data, di Laut Halmahera.	24
12	Profil Stratifikasi (N^2) menggunakan data CTD di Laut Halmahera.	25
13	Distribusi spasial nilai disipasi energi kinetik (kiri) dan difusivitas <i>eddy</i> vertikal (kanan) di Laut Halmahera.	26
14	Profil T-S diagram ditumpangtindihkan dengan nilai laju disipasi energi kinetik dan Profil T-S diagram dengan nilai difusivitas <i>eddy</i> vertikal di Laut Halmahera.	27
15	Diagram T-S di Laut Halmahera (kiri) dan lokasi pengambilan pengambilan data suhu, salinitas dan kedalaman, data CTD, dan data <i>Argo</i> float pada 1-2 Februari 2021.	28
16	Distribusi spasial arus dan salinitas satu siklus pasang surut di Laut Halmahera pada tanggal 1–2 Februari 2021.	30



DAFTAR LAMPIRAN

1. Analisis distribusi vertikal parameter fisik di Laut Halmahera (Stasiun 1).	37
2. Analisis distribusi vertikal parameter fisik di Laut Halmahera (Stasiun 2).	37
3. Analisis distribusi vertikal parameter fisik di Laut Halmahera (Stasiun 3).	38



@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.