

**TRANSFORMASI DAN PERCAMPURAN VERTIKAL MASSA
AIR DI PERAIRAN SANGIHE-TALAUD PADA NOVEMBER
2017**

SKRIPSI

**diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains pada program studi Sistem Informasi Kelautan**



Oleh

SHIVA MAY VAZRI

2003249

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI KELAUTAN

KAMPUS SERANG

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2024

**TRANSFORMASI DAN PERCAMPURAN VERTIKAL MASSA
AIR DI PERAIRAN SANGIHE-TALAUD PADA NOVEMBER
2017**

oleh
Shiva May Vazri

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sistem Informasi Kelautan

© Shiva May Vazri
Universitas Pendidikan Indonesia
2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN

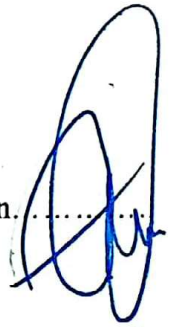
Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Shiva May Vazri
NIM : 2003249
Program Studi : S-1 Sistem Informasi Kelautan
Judul Skripsi : Transformasi dan Percampuran Vertikal Massa Air di Perairan Sangihe-Talaud pada November 2017

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sistem Informasi Kelautan pada Program Studi Sistem Informasi Kelautan Universitas Pendidikan Indonesia Kampus UPI di Serang.

DEWAN PENGUJI

Penguji I : La Ode Alam Minsaris, S.Pi., M.Si.
NIPT. 920200819900404101

Tanda tangan.....

Penguji II : Ma'ruf, S.T., M.Sc.
NIPT. 920200819920613101

Tanda tangan.....

Penguji III : Willdan Aprizal Arifin, S.Pd., M.Kom.
NIPT. 920200819940415101

Tanda tangan.....

Ditetapkan di : Serang

Tanggal : 15 Agustus 2024

HALAMAN PERSETUJUAN

SHIVA MAY VAZRI

**TRANSFORMASI DAN PERCAMPURAN VERTIKAL MASSA AIR DI
PERAIRAN SANGIHE-TALAUD PADA NOVEMBER 2017**

disetujui dan disahkan oleh
Pembimbing I,



**Ayang Armelita Rosalia, S.Pi., M.Si.
NIPT. 920200819941203201**

Pembimbing II,



**Prof. Dr. Adi Purwandana, S.Si., M.Si.
NIP. 198204302006041002**

Mengetahui,
Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



**Dr. Hik Nurulpaik, M.Pd., M.A.P.
NIP. 19740114 200112 1 001**



Dokumen ini diandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari ES/E, silakan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, dan karunia-Nya kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Transformasi dan Percampuran Vertikal Massa Air di Perairan Sangihe-Talaud pada November 2017*”. Selama penyusunan skripsi ini saya telah dibimbing dengan baik oleh dosen pembimbing dan mendapatkan dukungan dari berbagai pihak, maka dari itu saya ingin mengucapkan syukur dan terima kasih kepada:

1. Dr. Supriadi, M.Pd., selaku Direktur Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang.
2. Wildan Aprizal Arifin, S.Pd., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi Kelautan Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang.
3. Ayang Armelita Rosalia, S.Pi., M.Si., selaku Pembimbing I, yang telah membimbing dan memberikan pengarahan, saran dan masukan terkait penelitian sehingga membantu dalam penyusunan skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Prof. Dr. Adi Purwandana, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan ilmiah melalui berbagai pengarahan, *sharing* ilmu, mengajarkan materi yang lebih mendalam terkait topik penelitian ini, dan memberikan masukan pada hasil penelitian.
5. Seluruh Dosen Program Studi Sistem Informasi Kelautan yang telah memberikan ilmu pengetahuan baru dan pengalaman yang sangat bermanfaat.
6. Terima kasih kepada Pusat Riset Oseanografi (PRO) BRIN dan para kru RV Baruna Jaya VIII yang telah menyediakan data dan membantu dalam proses pengumpulan data, terima kasih juga telah memberikan izin untuk memakai data tersebut untuk penelitian ini.
7. Kedua orang tua (Ibunda Eni dan Ayahanda Samad), dan keluarga tercinta (Teteh Erli Noviansari, Abang Taufik Hidayat, dan Adik Raafi Angka Wijaya) serta seluruh keluarga yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan, doa, dan motivasi kepada penulis.
8. Rekan-rekan penulis selama mengikuti MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka) di BRIN Ancol khususnya di Laboratorium Oseanografi Fisika (Aliviannisha Winda Zachrany, Wahyudi Prasetyo, Nuning Jayanti, Agustin N.

A. Hardian, dan Nurlala Agustin) yang sudah senantiasa memberikan semangat kepada penulis dan mau berjuang bersama penulis selama masa MBKM dan penyusunan skripsi ini.

9. Farkha Choirunnisa, selaku teman dekat penulis yang terus memberikan semangat dan menemani penulis berjuang bersama untuk menyelesaikan studi S1 masing-masing.
10. Dhea Aliyya Falihah dan Afifah Ayu Mardani, selaku teman sekamar kosan yang selalu menemani, mendengarkan keluh kesah, dan tidak lupa juga memberikan dukungan kepada penulis.
11. Seluruh rekan seperjuangan SIK 20, khususnya teman-teman sekelas SIK B yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan, rekan-rekan yang telah berjuang bersama-sama hingga kita lulus dan meraih gelar S.Si. ini.
12. Terakhir, kepada diri sendiri terima kasih karena telah bertahan sejauh ini. Meskipun setiap prosesnya tidak mudah, penuh dengan lelah dan rasa jenuh, namun memilih untuk tetap berjuang adalah langkah yang tepat. Terima kasih sudah menikmati seluruh proses panjang mulai dari awal hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.

Serang, 17 Agustus 2024

Penulis

ABSTRAK

TRANSFORMASI DAN PERCAMPURAN VERTIKAL MASSA AIR DI PERAIRAN SANGIHE-TALAUD PADA NOVEMBER 2017

Shiva May Vazri

Program Studi Sistem Informasi Kelautan

Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang

Perairan Sangihe-Talaud merupakan daerah konvergensi berbagai massa air yang berasal dari Samudera Pasifik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik massa air beserta transformasinya dan mengidentifikasi nilai percampuran massa airnya. Tujuan lain dari penelitian ini juga untuk memberikan metode yang efektif dalam memvisualisasikan data oseanografi dan parameter percampuran massa air untuk meningkatkan pemahaman dan interpretasi atas data tersebut. Penelitian ini menggunakan data dari model HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*) dan pengamatan langsung yang dikumpulkan melalui pengukuran CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*) selama Ekspedisi Indonesia Timur pada bulan November 2017, yang dilakukan di atas Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Analisis data melibatkan penggunaan diagram suhu-salinitas untuk mengidentifikasi jenis massa air dan diagram penampang vertikal untuk memahami perubahan salinitas selama perjalanan. Sebaran vertikal dan horizontal nilai laju disipasi energi kinetik dan difusivitas *eddy* vertikal untuk mengidentifikasi nilai percampuran massa airnya. Temuan penelitian menunjukkan indikasi kuat adanya percampuran vertikal yang secara signifikan mempengaruhi salinitas maksimum massa air Perairan Subtropis Pasifik Utara (*North Pacific Subtropical Water/NPSW*), mengurangi salinitas dari ~35 PSU pada isopiknal 24 – 25 kg m⁻³ menjadi 34,70 PSU di perairan Sangihe-Talaud bagian utara, dan semakin berkurang menjadi 34,60 PSU di Laut Maluku. Massa air Perairan Menengah Pasifik Utara (*North Pacific Intermediate Water/NPIW*) juga teridentifikasi di Perairan Sangihe-Talaud lapisan menengah, isopiknal 26 – 27 kg m⁻³ dengan salinitas maksimum berkisar 34,40 – 34,48 PSU. Nilai laju disipasi energi kinetik turbulen tertinggi ditemukan di lapisan termoklin dengan nilai sekitar 10⁻⁸ m² s⁻³, sedangkan untuk nilai difusivitas *eddy* vertikal sekitar 10⁻⁴ m²s⁻¹.

Kata Kunci: CTD, Percampuran Turbulen, Pasifik Barat, HYCOM, Visualisasi data oseanografi

ABSTRACT

TRANSFORMATION AND VERTICAL MIXING OF WATER MASSES IN THE SANGIHE-TALAUD WATERS IN NOVEMBER 2017

Shiva May Vazri

Marine Information System Program

Indonesian University of Education Serang Campus

The Sangihe-Talaud waters are an area of convergence of various water masses originating from the Pacific Ocean. This study aims to identify the characteristics of these water masses and their transformations and estimate the value of water mass mixing in this region. In addition, this study also provides an effective method to visualize oceanographic data and water mass mixing parameters to improve understanding and interpretation of the data. This study utilized data from the HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) and direct observations collected through CTD (Conductivity, Temperature, Depth) measurements during the Eastern Indonesia Expedition in November 2017, conducted on board RV Baruna Jaya VIII. Data analysis involved the use of temperature-salinity diagrams to identify water mass characteristics and vertical cross-section diagrams to understand salinity changes during the expedition. As well as the vertical and horizontal distribution of kinetic energy dissipation rate and vertical eddy diffusivity values to estimate the water mass mixing values. The findings showed strong indications that vertical mixing significantly reduce the maximum salinity of the North Pacific Subtropical Water (NPSW), from ~35 PSU at isopycnal 24 – 25 kg m^{-3} to ~34.70 PSU in northern Sangihe-Talaud waters, and ~34.60 PSU in the Maluku Sea. The North Pacific Intermediate Water (NPIW) was also identified in the intermediate layer of Sangihe-Talaud Waters at isopycnal 26 – 27 kg m^{-3} with maximum salinity ranging from 34.40 – 34.48 PSU. The highest dissipation rate values were found in the thermocline layer with typical values of $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$, while the vertical eddy diffusivity value is about $10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Keywords: Turbulent Mixing, CTD, HYCOM, Western Pacific, Oceanographic data visualization

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
SURAT PERNYATAAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Arus Lintas Indonesia	5
B. Stratifikasi Massa Air.....	6
C. Percampuran Massa Air	7
D. Pengaruh Topografi Perairan dalam Percampuran Massa Air	8
E. Peran Pasang Surut Internal dalam Percampuran Massa Air.....	8
F. Penelitian yang Relevan.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	12
A. Waktu dan Tempat	12
B. Alat dan Bahan.....	12
C. Akuisisi Data	13
D. Analisis Data	19
1. Karakteristik Massa Air	19
2. Transformasi Massa Air.....	20
3. Percampuran Massa Air	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Karakteristik Massa Air	22
B. Transformasi Massa Air	26
C. Percampuran Vertikal Massa Air	28
1. Disipasi Energi Kinetik Turbulen	28
2. Difusivitas <i>Eddy</i> Vertikal	31
3. Diagram T-S Laju Disipasi Energi Kinetik Turbulen dan Laju Difusivitas <i>Eddy</i> Vertikal	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
A. Kesimpulan	38
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jalur Arlindo (Gordon, 2005).....	5
Gambar 3. 1 Lokasi kajian dengan stasiun CTD yang dilakukan selama ekspedisi RV Baruna Jaya VIII pada bulan Oktober-November 2017.....	12
Gambar 3. 2 Diagram alir proses pengolahan data CTD (observasi) dan data HYCOM (model).	14
Gambar 3. 3 Ilustrasi pengambilan data CTD.....	15
Gambar 3. 4 Proses pengambilan data menggunakan alat CTD.....	16
Gambar 3. 5 Perbandingan kedalaman maksimum pengukuran CTD dan kedalaman perairan di wilayah Sangihe-Talaud.	17
Gambar 3. 6 Diagram alir proses analisis data.....	19
Gambar 4. 1 Diagram T-S dari: (a) dataset CTD (observasi) dan (b) dataset HYCOM (model).	22
Gambar 4. 2 Diagram T-S massa air tahun 2017 di Perairan Sangihe-Talaud.	25
Gambar 4. 3 Penampang vertikal: (a) dataset CTD (observasi) bulan November 2017, (b) dataset HYCOM bulan November 2017.	26
Gambar 4. 4 Profil vertikal laju disipasi energi kinetik turbulen di Perairan Sangihe-Talaud: Stasiun 1 – Stasiun 9.....	29
Gambar 4. 5 Profil sebaran horizontal nilai disipasi energi kinetik turbulen pada setiap lapisan kedalaman: (a) lapisan permukaan tercampur (<i>mixed layer</i> , 0 – 50 m), (b) lapisan termoklin (50 – 300 m) dan (c) lapisan dalam (<i>deep layer</i> , >300 m).	31
Gambar 4. 6 Profil vertikal nilai difusivitas <i>eddy</i> vertikal di Perairan Sangihe-Talaud: Stasiun 1 – Stasiun 9.	32
Gambar 4. 7 Profil sebaran horizontal nilai difusivitas <i>eddy</i> vertikal pada setiap lapisan kedalaman: (a) lapisan permukaan tercampur (<i>mixed layer</i> , 0 – 50 m), (b) lapisan termoklin (50 – 300 m) dan (c) lapisan dalam (<i>deep layer</i> , >300 m).	34
Gambar 4. 8 Diagram T-S untuk: (a) laju disipasi energi kinetik, dan (b) difusivitas <i>eddy</i> vertikal.	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian.	13
Tabel 3. 2	Dataset Stasiun CTD yang dianalisis dalam penelitian ini.	16
Tabel 4. 1	Karakteristik massa air di Perairan Sangihe-Talaud.	23
Tabel 4. 2	Nilai rata-rata disipasi energi kinetik turbulen pada lapisan tercampur, lapisan termoklin, dan lapisan dalam di masing-masing stasiun.....	29
Tabel 4. 3	Nilai rata-rata difusivitas <i>eddy</i> vertikal pada lapisan tercampur, lapisan termoklin, dan lapisan dalam di masing-masing stasiun.	32
Tabel 4. 4	Rerata dan simpangan baku (<i>standard deviation</i>) laju disipasi energi kinetik turbulen (ϵ , m^2s^{-3}) dan difusivitas <i>eddy</i> vertikal (K_ρ , m^2s^{-1}) pada setiap rentang lapisan anomali densitas (σ_θ , kg m^{-3}) untuk lokasi Perairan Sangihe-Talaud bagian selatan.....	36
Tabel 4. 5	Rerata dan simpangan baku (<i>standard deviation</i>) laju disipasi energi kinetik turbulen (ϵ , m^2s^{-3}) dan difusivitas <i>eddy</i> vertikal (K_ρ , m^2s^{-1}) pada setiap rentang lapisan anomali densitas (σ_θ , kg m^{-3}) untuk lokasi Perairan Sangihe-Talaud bagian utara.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penampang vertikal menggunakan data HYCOM: bulan Januari – April.	44
Lampiran 2 Penampang vertikal menggunakan data HYCOM: bulan Mei - Agustus.....	45
Lampiran 3 Penampang vertikal menggunakan data HYCOM: bulan September – Desember.....	46
Lampiran 4 Pengunduhan data model HYCOM.....	47
Lampiran 5 Proses pengolahan data CTD menggunakan perangkat <i>SBE Data Processing</i>	47
Lampiran 6 Analisis Diagram T-S data CTD menggunakan <i>software Watermass Analysis</i>	48
Lampiran 7 Analisis Diagram T-S data HYCOM menggunakan <i>software Watermass Analysis</i>	48
Lampiran 8 Pemrosesan data CTD untuk <i>Vertical Cross Section</i> menggunakan aplikasi <i>Ocean Data View (ODV)</i>	49
Lampiran 9 Pemrosesan data HYCOM untuk <i>Vertical Cross Section</i> menggunakan aplikasi <i>Ocean Data View (ODV)</i>	49
Lampiran 10 Pemrosesan data CTD menggunakan aplikasi OTHORPE 1.0 (<i>Main App</i>).....	49
Lampiran 11 Pemrosesan data CTD menggunakan aplikasi OTHORPE 1.0 (<i>Omixval</i>)	50
Lampiran 12 Pemrosesan data CTD menggunakan aplikasi OTHORPE 1.0 (<i>Omixmap</i>)	50
Lampiran 13 Bimbingan secara langsung bersama pembimbing di BRIN KST BJ Habibie Serpong	50
Lampiran 14 Riwayat Hidup.....	51

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A., Molcard, R., Madec, G., Wijffels, S., Sprintall, J., Koch-Larrouy, A., Jaya, I., & Supangat, A. (2009). Characteristics and variability of the Indonesian throughflow water at the outflow straits. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(11), 1942–1954. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.06.004>
- Bouruet-Aubertot, P., Cuypers, Y., Ferron, B., Dausse, D., Ménage, O., Atmadipoera, A., & Jaya, I. (2018). Contrasted turbulence intensities in the Indonesian Throughflow: a challenge for parameterizing energy dissipation rate. *Ocean Dynamics*, 68(7), 779–800. <https://doi.org/10.1007/s10236-018-1159-3>
- Dillon, T. M. (1982). Vertical overturns: A comparison of Thorpe and Ozmidov length scales. *Journal of Geophysical Research*, 87(C12), 9601. <https://doi.org/10.1029/jc087ic12p09601>
- Ezer, T. (2006). Topographic influence on overflow dynamics: Idealized numerical simulations and the Faroe Bank Channel overflow. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 111(C2).
- Fachrudy, M. A., Rahmawati, M., & Mandang, I. (2018). Analisis Spasial Pergerakan Massa Air Laut di Halmahera dan Laut Banda Menggunakan Metode Empirical Orthogonal Function (EOF). *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 1(1), 1–9.
- Fan, W., Jian, Z., Chu, Z., Dang, H., Wang, Y., Bassinot, F., Han, X., & Bian, Y. (2018). Variability of the Indonesian Throughflow in the Makassar Strait over the Last 30 ka. *Scientific Reports*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24055-1>
- Feng, M., Zhang, N., Liu, Q., & Wijffels, S. (2018). The Indonesian throughflow, its variability and centennial change. *Geoscience Letters*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40562-018-0102-2>
- Firdaus, M., Rahmawitri, H., Haryoadji, S., Atmadipoera, A. S., Suteja, Y., Yuliyardi, A. Y., & Syamsudin, F. (2021). Indirect estimation of turbulent mixing in western route of Indonesian throughflow. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012059>
- Garrett, C., & Munk, W. (1975). Space-Time Scales of Internal Waves' A Progress Report Department of Oceanography, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, Canada WALTER. *Journal of Geophysical Research*, 80(3).
- Giu, L. O. M. G., Atmadipoera, A. S., Naulita, Y., & Nugroho, D. (2020). Struktur Vertikal Dan Variabilitas Arlindo Yang Masuk Ke Tepi Barat Laut Banda. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 457–472. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.29142>
- Gordon, A. (2005). the Indonesian Seas. *Oceanography*, 18(4), 14–27.

- Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathway Of Water Between The Pasific And Indian Oceans In The Indonesian Seas. In *Pathways of Water Between the Pacific and Indian Oceans in the Indonesian Seas* (Vol. 379, pp. 146–149).
- Harsono, G., Purwanto, B., Wirasatriya, A., Murtiana, S., & Agassi, R. N. (2023). Percampuran Vertikal Massa Air Lapisan Pertengahan Perairan Lifamatola pada Bulan Maret 2009. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(3), 365–378. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i3.56350>
- Hasanudin, M. (1998). Arus lintas indonesia (arlindo). *Oseana*, 23(2), 1-9.
- Hatayama, T. (2004). Transformation of the Indonesian throughflow water by vertical mixing and its relation to tidally generated internal waves. *Journal of Oceanography*, 60, 569-585.
- Hermansyah, H., Atmadipoera, A. S., Prartono, T., Jaya, I., & Syamsudin, F. (2021). Percampuran Turbulen Di Laut Sulawesi Menggunakan Estimasi Thorpe Analisis. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 211–222. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i2.7352>
- Hermansyah, H., Nugroho, D., Atmadipoera, A. S., Prartono, T., Jaya, I., & Syamsudin, F. (2018). Disipasi Energi Kinetik Pasang Surut Barotropik Dan Baroklinik Di Laut Sulawesi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 365–380. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21793>
- Kashino, Y., Aoyama, M., Kawano, T., Hendiarti, N., Muneyama, K., Watanabe, H., & Sea, P. (1996). The water masses between Mindanao and New Guinea. *Journal of Geophysical Research*, 101.
- Kitade, Y., Matsuyama, M., & Yoshida, J. (2003). Distribution of overturn induced by internal tides and Thorpe scale in Uchiura Bay. *Journal of oceanography*, 59, 845-850.
- Koch-Larrouy, A., Atmadipoera, A., van Beek, P., Madec, G., Aucan, J., Lyard, F., Grelet, J., & Souhaut, M. (2015). Estimates of tidal mixing in the Indonesian archipelago from multidisciplinary INDOMIX in-situ data. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 106, 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.09.007>
- Koch-Larrouy, A., Madec, G., Blanke, B., & Molcard, R. (2008). Water mass transformation along the Indonesian throughflow in an OGCM. *Ocean Dynamics*, 58(3–4), 289–309. <https://doi.org/10.1007/S10236-008-0155-4/METRICS>
- Kushadiwijayanto, A. A., Ningsih, N. S., & Al Azhar, M. (2019). Analisis Sensitifitas Model Pasang Surut di Laut Indonesia Bagian Timur Menggunakan ROMS_Agrif. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 16(2), 69-77.
- Kusmanto, E., & Surinati, D. (2016). Stratifikasi Massa Air di Teluk Lasolo, Sulawesi Tenggara Stratification of Water Mass in Lasolo Bay, Southeast Sulawesi. *Indonesia*, 1(2), 17–29. www.ecmwf.int,

- McTaggart, K. E., Johnson, G. C., Johnson, M. C., Delahoyde, F. M., & Swift, J. H. (2010). Notes on CTD/O2 Data Acquisition and Processing Using Sea-Bird Hardware and Software (as available).
- Nagai, T., & Hibiya, T. (2015). Journal of Geophysical Research : Oceans. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120, 1–17. <https://doi.org/10.1002/2014JC010485>.Received
- Naulita, Y. (2016). Proses pencampuran turbulen di kanal Labani, Selat Makassar. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1), 345-355.
- Osborn, T. R. (1980). Estimates of the Local Rate of Vertical Diffusion from Dissipation Measurements. In *Journal of Physical Oceanography* (Vol. 10, Issue 1, pp. 83–89). [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1980\)010<0083:EOTLRO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1980)010<0083:EOTLRO>2.0.CO;2)
- Park, Y. H., Fuda, J. L., Durand, I., & Garabato, A. C. N. (2008). Internal tides and vertical mixing over the Kerguelen Plateau. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 55(5-7), 582-593.
- Polzin, K. L., Toole, J. M., Ledwell, J. R., & Schmitt, R. W. (1997). Spatial variability of turbulent mixing in the abyssal ocean. *Science*, 276(5309), 93-96.
- Priyono, B., Purwandana, A., Kusmanto, E., Nuratmojo, N., & Muhadjirin, M. (2023). Vertical Mixing in The Onshore Region of The Northwestern Maluku Sea, Indonesia. *Omni-Akuatika*, 19(2), 196-204.
- Purwandana, A. (2023). *Estimasi pencampuran turbulen vertikal massa air dari data CTD: OTHORPE 1.0*. DJKI.
- Purwandana, A. (2013). Kajian Pencampuran Vertikal Massa Air dan Manfaatnya. *Oseana*, 38(3), 9–22.
- Purwandana, A. (2023). Hydrography and mixing estimates in the Komodo Islands waters, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2604(May). <https://doi.org/10.1063/5.0114099>
- Purwandana, A., Cuypers, Y., Bouruet-Aubertot, P., Nagai, T., Hibiya, T., & Atmadipoera, A. S. (2020a). Spatial structure of turbulent mixing inferred from historical CTD datasets in the Indonesian seas. *Progress in Oceanography*, 184(June 2019), 102312. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102312>
- Purwandana, A., Cuypers, Y., Bourgault, D., Bouruet-Aubertot, P., & Santoso, P. D. (2022). Fate of internal solitary wave and enhanced mixing in Manado Bay, North Sulawesi, Indonesia. *Continental Shelf Research*, 245, 104801.
- Purwandana, A., & Iskandar, M. R. (2020b). Turbulent mixing inferred from CTD datasets in the western tropical Pacific Ocean. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 25(4), 148–156. <https://doi.org/10.14710/IK.IJMS.25.4.148-156>
- Purwandana, A., Iskandar, M. R., Kusmanto, E., Fadli, M., Santoso, P. D.,

- Corvianawatie, C., Muhadjirin, M., Wattimena, M. C., & Zheng, W. (2021). Percampuran vertikal di Perairan Laut Maluku dan Talaud pada bulan Februari 2021. *OLDI (Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia)*, 6(2), 97. <https://doi.org/10.14203/oldi.2021.v6i2.363>
- Purwandana, A., Purba, M., & Atmadipoera, A. S. (2014). Distribusi Percampuran Turbulen di Perairan Selat Alor (Distribution of Turbulence Mixing in Alor Strait). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 19(1), 43-54.
- Radiarta, I. N., Yunanto, A., Pradistya, N. A., Islami, F., & Putri, M. R. (2018). The Marine Carbonate System at Maluku and Sulawesi Seas. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 2(3), 192-207.
- Radjawane, I. M., & Hadipoetranto, P. P. (2014). Karakteristik Massa Air Di Percabangan Arus Lintas Indonesia Perairan Sangihe Talaud Menggunakan Data Index Satal 2010 Water Masses Characteristics At the Sanghie Talaud Entry Passage of Indonesian Throughflow Using Index Satal Data 2010. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 525–536.
- Rahma, A., Atmadipoera, A. S., & Naulita, Y. (2020). Water mass along eastern pathway of Indonesia Throughflow from a CTD Argo Float. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 429, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Ray, R. D., & Susanto, R. D. (2016). Tidal mixing signatures in the Indonesian seas from high-resolution sea surface temperature data. *Geophysical Research Letters*, 43(15), 8115-8123.
- Robertson, R., & Field, A. (2008). Baroclinic tides in the Indonesian seas: Tidal fields and comparisons to observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113(C7).
- Safitri, M., Cahyarini, S. Y., & Putri, M. R. (2012). Variasi Arus Arlindo dan Parameter Oseanografi di Laut Timor sebagai Indikasi Kejadian ENSO. 4(2), 369–377.
- Sani, I. Y., Atmadipoera, A. S., Purwandana, A., & Syamsudin, F. (2021). Transformation and mixing of North Pacific Water Mass in Sangihe-Talaud in August 2019. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012053>
- Sprintall, J., & Revelard, A. (2014). The Indonesian Throughflow response to Indo-Pacific climate variability. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 8410–8421. <https://doi.org/10.1002/2013JC009533>.Received
- Suteja, Y., Purba, M., & Atmadipoera, A. S. (2015). Pencampuran Turbulen di Selat Ombai. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), 71–82.
- Thorpe, S. A. (1977). Turbulence and Mixing in a Scottish Loch. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 286(1334), 125–181. <https://doi.org/10.1098/rsta.1977.0112>

- Thorpe, S. A. (2007). An Introduction to Ocean Turbulence. *An Introduction to Ocean Turbulence*, 1–291. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511801198>
- Woodson, C. B. (2018). The fate and impact of internal waves in nearshore ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 10, 421–441. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063619>
- Wunsch, C., & Ferrari, R. (2004). Vertical mixing, energy, and the general circulation of the oceans. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 36(1), 281-314.
- Yang, X., Yang, Y., & Weng, J. (2023). A Comparative Study of the Temperature Change in a Warm Eddy Using Multisource Data. *Remote Sensing*, 15(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs15061650>