

STRATIFIKASI MASSA AIR DAN HUBUNGANNYA DENGAN KLOOROFIL-A DI PERAIRAN BANGGAI, LAUT MALUKU

DELTA RICHELLY RUMOHOIRA



**PROGRAM MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Stratifikasi Massa Air dan Hubungannya dengan Klorofil-a 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2026

Delta Richelly Rumohaira

C5501221003

- 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

DELTA RICHELLY RUMOHORA. Stratifikasi Massa Air dan Hubungannya dengan Klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku. Dibimbing oleh AGUS SALEH ATMADIPOERA, RASTINA dan RINA ZURAIDA.

Perairan Banggai merupakan bagian dari wilayah timur Indonesia yang memiliki dinamika oseanografi kompleks akibat interaksi antara pengaruh daratan dan Laut Banda. Wilayah ini berada pada jalur aliran massa air Pasifik menuju Samudra Hindia sehingga menjadi bagian penting dari sistem Arlindo. Kondisi tersebut menjadikan perairan ini kaya akan sumber daya laut dan berperan sebagai daerah penangkapan ikan yang produktif. Pemahaman mengenai stratifikasi dan karakteristik massa air di perairan ini sangat diperlukan untuk mengetahui bagaimana proses fisik laut mempengaruhi kesuburan perairan, distribusi nutrisi, serta produktivitas biologis. Namun, kajian ilmiah yang secara khusus membahas struktur vertikal massa air di Perairan Banggai masih terbatas sehingga penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi fisika-kimia perairan di wilayah tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022 sebagai bagian dari Ekspedisi Widya Nusantara Laut Maluku kepulauan Banggai; *Banggai Upwelling Dynamics and Ecosystem Experiment* (BUDEE). Pengumpulan data dilakukan di kawasan selatan Laut Maluku menggunakan kapal riset Baruna Jaya VIII. Pengukuran kedalaman air dilakukan dengan *Echosounder* EA500 12 kHz; sedangkan data suhu, salinitas, densitas, *Dissolved Oxygen* (DO), dan klorofil-a diperoleh melalui *Conductivity, Temperature, Depth* (CTD), Sea-Bird Electronics (SBE) 911 Plus. Data CTD dari perairan Banggai digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik massa air dengan membuat distribusi vertikal dan horizontal serta menganalisis struktur massa air berdasarkan Diagram TS, TO, SO.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perairan Banggai memiliki pola stratifikasi yang jelas dengan tiga lapisan utama, yaitu lapisan tercampur di permukaan, lapisan termoklin, dan lapisan dalam. Pada lapisan tercampur Perairan Banggai Laut Maluku diidentifikasi mulai dari permukaan hingga paling dalam 78m. Terdapat massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) pada lapisan termoklin dengan nilai salinitas maksimum 34,67 psu, densitas 24-26 σ_θ , dan kadar oksigen 122,31-143,88 $\mu\text{mol/kg}$. Pada lapisan bawah termoklin dapat ditemukan massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dengan suhu 7,96-13,16 °C, salinitas 34,50-34,55 psu, nilai oksigen 110,12-125,16 $\mu\text{mol/kg}$. Pada lapisan dalam ditemukan karakteristik massa air *Antarctic Intermediate Water* (AAIW) dengan nilai salinitas 34,55–34,58 psu, suhu 4,72– 6,98 °C, dan oksigen 107,12–112,34 $\mu\text{mol/kg}$. Temuan ini menegaskan bahwa Perairan Banggai merupakan jalur penting pergerakan massa air Pasifik di dalam sistem sirkulasi Arlindo.

Distribusi klorofil-a menunjukkan pola spasial yang bervariasi, dengan konsentrasi tertinggi teramati pada stasiun 35 di kedalaman 50 m sebesar 1,71 mg/m^3 . Konsentrasi tinggi lainnya ditemukan pada stasiun 20 di kedalaman 28 m dengan nilai 1,68 mg/m^3 , serta pada stasiun 18 di kedalaman 39 m sebesar 1,61 mg/m^3 . Sementara itu, stasiun 14 juga memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi pada lapisan permukaan, yaitu pada kedalaman 5 m dengan nilai 1,58

mg/m³. Distribusi klorofil-a tersebut menunjukkan tingginya tingkat produktivitas fitoplankton di wilayah penelitian. Beberapa stasiun memperlihatkan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang berkaitan dengan anomali suhu, yang mengindikasikan potensi terjadinya proses upwelling lokal. Selain itu, keberadaan *Depth Chlorophyll Maximum* (DCM) pada lapisan termoklin mencerminkan peran stratifikasi vertikal dalam mengontrol keseimbangan antara ketersediaan cahaya di lapisan atas dan suplai nutrisi dari lapisan bawah. Kondisi ini menggambarkan bagaimana interaksi dinamika fisika dan kimia perairan berperan dalam mengatur distribusi biologis serta produktivitas primer di Perairan Banggai.

Temuan penelitian ini memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai struktur vertikal dan karakteristik massa air di Perairan Banggai. Stratifikasi yang teridentifikasi dan keberadaan massa air Pasifik memberikan bukti kuat mengenai peran kawasan ini dalam jalur sirkulasi regional. Implikasi penelitian ini tidak hanya meningkatkan pemahaman ilmiah mengenai dinamika oseanografi di wilayah timur Indonesia, tetapi juga memberikan informasi penting bagi pengelolaan sumber daya kelautan secara berkelanjutan, terutama dalam konteks perikanan dan pemanfaatan ruang laut. Pengetahuan mengenai pola fisik dan biologis perairan dapat menjadi dasar dalam mendukung perencanaan wilayah pesisir serta menjaga keberlanjutan ekosistem laut di Perairan Banggai.

Kata kunci: Banggai, Distribusi Klorofil-a, Karakteristik Massa Air, Stratifikasi.

SUMMARY

DELTA RICHELLY RUMOHORA. Water Mass Stratification and Its Relationship with Chlorophyll-a in The Banggai Waters, Maluku Sea. Supervised by AGUS SALEH ATMADIPOERA, RASTINA, and RINA ZURAIDA.

The Banggai waters are part of eastern Indonesia and are characterized by complex oceanographic dynamics resulting from interactions between land-based influences and the Banda Sea. This region lies along the path of Pacific water masses flowing toward the Indian Ocean, making it a vital component of the Arlindo system. These conditions make these waters rich in marine resources and serve as a productive fishing ground. Understanding the stratification and characteristics of the water masses in these waters is essential to determine how physical oceanographic processes influence water fertility, nutrient distribution, and biological productivity. However, scientific studies specifically addressing the vertical structure of water masses in the Banggai Sea remain limited; therefore, this research was conducted to provide a more comprehensive picture of the physico-chemical conditions of the waters in this region.

This study was conducted in September 2022 as part of the Widya Nusantara Maluku Sea Expedition to the Banggai Islands; the Banggai Upwelling Dynamics and Ecosystem Experiment (BUDEE). Data collection was conducted in the southern Maluku Sea aboard the research vessel Baruna Jaya VIII. Water depth measurements were taken using a 12 kHz EA500 Echosounder; while data on temperature, salinity, density, Dissolved Oxygen (DO), and chlorophyll-a were obtained via a Conductivity, Temperature, Depth (CTD) instrument, the Sea-Bird Electronics (SBE) 911 Plus. CTD data from the waters of Banggai were used to identify water-mass characteristics by creating vertical and horizontal distributions and analyzing water-mass structure using TS, TO, and SO diagrams.

The study's results indicate that the Banggai Sea exhibits a distinct stratification pattern with three main layers: the surface mixed layer, the thermocline, and the deep layer. In the Banggai Sea, the mixed layer extended from the surface to 78 m. A mass of North Pacific Subtropical Water (NPSW) was present in the thermocline layer with a maximum salinity of 34.67 psu, a density of $24-26 \sigma_\theta$, and an oxygen content of $122.31-143.88 \mu\text{mol/kg}$. In the layer below the thermocline, a mass of North Pacific Intermediate Water (NPIW) can be found with a temperature of $7.96-13.16^\circ\text{C}$, salinity of $34.50-34.55$ psu, and an oxygen content of $110.12-125.16 \mu\text{mol/kg}$. In the deep layer, the Antarctic Intermediate Water (AAIW) mass is characterized by salinity of $34.55-34.58$ psu, temperature of $4.72-6.98^\circ\text{C}$, and oxygen content of $107.12-112.34 \mu\text{mol/kg}$. These findings confirm that the Banggai Sea is an important pathway for the movement of Pacific water masses within the Arlindo circulation system.

The distribution of chlorophyll a exhibits a variable spatial pattern, with the highest concentration observed at Station 35 at 50 m depth, at 1.71 mg/m^3 . Other high concentrations were found at Station 20 at a depth of 28 m with a value of 1.68 mg/m^3 , as well as at Station 18 at a depth of 39 m at 1.61 mg/m^3 . Meanwhile, Station 14 also showed relatively high chlorophyll a concentrations in the surface layer, specifically at 5 m, with a value of 1.58 mg/m^3 . This distribution of chlorophyll a indicates high phytoplankton productivity in the study area. Several stations showed increased chlorophyll a concentrations associated with



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.

temperature anomalies, suggesting the potential for local upwelling. Additionally, the presence of a Depth Chlorophyll Maximum (DCM) in the thermocline layer reflects the role of vertical stratification in balancing light availability in the upper layer with nutrient supply from the lower layer. These conditions illustrate how the interaction of physical and chemical dynamics in the water regulates biological distribution and primary productivity in the Banggai Waters.

The findings of this study provide a more in-depth understanding of the vertical structure and characteristics of water masses in the Banggai Sea. The identified stratification and the presence of Pacific water masses provide strong evidence of this region's role in regional circulation patterns. The implications of this research not only enhance scientific understanding of oceanographic dynamics in eastern Indonesia but also provide crucial information for the sustainable management of marine resources, particularly in the context of fisheries and marine spatial planning. Knowledge of the physical and biological patterns of the waters can serve as a foundation for supporting coastal zone planning and maintaining the sustainability of marine ecosystems in the Banggai Sea.

Keywords: Banggai, Chlorophyll-a Distribution, Stratification, Water Mass Characteristics.



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 2026
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.



STRATIFIKASI MASSA AIR DAN HUBUNGANNYA DENGAN KLOROFIL-A DI PERAIRAN BANGGAI, LAUT MALUKU

DELTA RICHELLY RUMOHOIRA

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

**PROGRAM MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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 Tesis:

1. Dr. Pi. Iis Triyulianti, M.Si
2. Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si

Judul Tesis : Stratifikasi Massa Air dan Hubungannya dengan Klorofil-a di
Perairan Banggai, Laut Maluku
Nama : Delta Richelly Rumohaira
NIM : C5501221003

Disetujui oleh

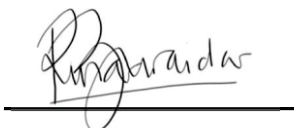
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S



Pembimbing 2:
Dr. Rastina, S.T, M.T



Pembimbing 3:
Dr. Rina Zuraida, S.T, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, M.Sc
NIP. 196410141988032001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Dr. Beginer Subhan, S.Pi, M.Si
NIP. 198001182005011003



Tanggal Ujian: 10 Juni 2026

Tanggal Lulus:

- 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 Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini berjudul “Stratifikasi Massa Air dan Hubungannya dengan Klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku”. Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S, Dr. Rastina, S.T, M.T, dan Dr. Rina Zuraida, S.T, M,Sc, yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada tim BUDEE 2022 yang telah menyediakan data CTD untuk digunakan sebagai data validasi model pada penelitian ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya selama penyelesaian studi.

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

Bogor, Juli 2026

Delta Richelly Rumohaira

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
II METODE	7
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	7
2.2 Alat dan Bahan	7
2.3 Prosedur Penelitian	8
2.3.1 Pengambilan Data CTD	8
2.3.2 Pemrosesan Data CTD	8
2.4 Analisis Data	10
2.4.1 Analisis Data CTD	10
2.4.2 Penentuan Lapisan Massa Air	10
2.4.3 Analisis Regresi Linear Berganda	12
2.5 Visualisasi Data Hasil Analisis	12
2.5.1 Profil Menegak Massa Air	12
2.5.2 <i>Cross Section</i> Massa Air	12
2.5.3 Diagram TS, TO, SO	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1 Stratifikasi Massa Air	14
3.2 Profil Vertikal <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) dan Klorofil-a	17
3.3 Sebaran Melintang Parameter Perairan	18
3.3.1 Suhu	18
3.3.2 Salinitas	21
3.3.3 Densitas	23
3.3.4 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	25
3.3.5 Klorofil-a	26
3.4 Karakteristik Massa Air	28
3.5 Analisis Kontrol Fisik Massa Air terhadap Klorofil-a	31
3.5.1 Dinamika Faktor Pengontrol Massa Air pada Lapisan MLD	31
3.5.2 Dinamika Faktor Pengontrol Massa Air pada Lapisan Termoklin	33
IV SIMPULAN DAN SARAN	36
4.1 Simpulan	36
4.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	46

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 TABEL

1	Alat yang digunakan penelitian stratifikasi massa air dan hubungannya dengan klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku.	7
2	Kedalaman batas atas, batas bawah, dan ketebalan lapisan termoklin di Perairan Banggai berdasarkan kriteria gradien densitas.	16
3	Acuan karakteristik massa air di Samudra Pasifik dan Antartik di Perairan Banggai.	31
4	Perbandingan statistik regresi lapisan MLD pada transek selatan dan transek utara di Perairan Banggai.	32
5	Perbandingan statistik regresi lapisan termoklin pada transek selatan dan transek utara di Perairan Banggai.	33

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram kerangka pikir penelitian stratifikasi massa air dan hubungannya dengan klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku.	5
2	Peta lokasi penelitian stratifikasi massa air dan hubungannya dengan klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku.	7
3	Diagram alir penelitian penelitian stratifikasi massa air dan hubungannya dengan klorofil-a di Perairan Banggai, Laut Maluku.	11
4	Profil menegak suhu (a), salinitas(b), densitas (c) di Perairan Banggai	14
5	Profil vertikal suhu yang menunjukkan perubahan gradien suhu pada lapisan termoklin di Perairan Banggai.	15
6	Profil menegak DO (a), Klorofil-a (b) di Perairan Banggai	18
7	Sebaran melintang suhu di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara. Catatan: titik dan garis putih menandakan batas atas dan bawah termoklin berdasarkan perhitungan	19
8	Profil perbandingan ketebalan lapisan massa air per stasiun berdasarkan data CTD di Perairan Banggai.	20
9	Sebaran melintang salinitas di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	22
10	Sebaran melintang densitas di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	24
11	Sebaran melintang DO di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	26
12	Sebaran melintang klorofil-a di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	27
13	Diagram (a) TS, (b) TO, (c) SO di Perairan Banggai.	29
14	Sebaran melintang salinitas terhadap densitas di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	30
15	Grafik koefisien standar pengaruh suhu dan salinitas terhadap klorofil-a di lapisan MLD di Perairan Banggai. (a) transek selatan, (b) transek utara.	32
16	Grafik koefisien standar pengaruh suhu dan salinitas terhadap klorofil-a di lapisan termoklin di Perairan Banggai. (a) transek	



selatan, (b) transek utara.

34

DAFTAR LAMPIRAN

1	<i>Script filter data CTD pada software MATLAB</i>	46
---	--	----