

## MASSA AIR DI LAUT MALUKU BERDASARKAN DATA OBSERVASI OPSSURTA ALKI III “LAUT MALUKU” DAN DATA MODEL GLOBAL

### CHARACTERISTICS OF THE SEAWATER MASS IN THE MALUKU SEA BASED ON OBSERVATION DATA OF OPSSURTA ALKI III MALUKU SEA AND GLOBAL MODEL DATA

Dwi Heriyanto<sup>1</sup>, Widodo S. Pranowo<sup>1,2</sup>, Deirus R. Khair<sup>3</sup>, dan Yulianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi S-1 Hidrografi, STTAL

<sup>2</sup>Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, BRIN

<sup>3</sup>KRI Spica-934, KRI Spica-934

Email: [satriaprawiranagara@gmail.com](mailto:satriaprawiranagara@gmail.com)

#### ABSTRAK

Laut Maluku merupakan salah satu perairan yang ada di Indonesia dengan kondisi topografi dasar laut yang beraneka ragam, memiliki kedalaman laut hingga 4000 meter dan berbatasan dengan Samudera Pasifik sehingga memiliki karakteristik massa air laut yang unik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat distribusi massa air, dan untuk mengevaluasi distribusi suhu, salinitas serta densitas yang mencirikan massa air di Laut Maluku dari hasil penelitian dengan data model global CMEMS (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service*). Penggambaran variabel massa air dari data model global dan observasi Opssurta ALKI III Laut Maluku tersebut dilakukan dengan perangkat lunak ODV V.5.7.1 untuk mengklasifikasikan jenis massa air berdasarkan daerah asalnya. Hasil penelitian menunjukkan jenis massa air yang didapat antara kedua data yang didominasi oleh 3 jenis massa air yaitu massa air yang berasal dari Samudera Pasifik Utara berupa Western South Pacific Central Water dengan karakteristik suhu 6°-22°C dan salinitas 34,5-35,8 psu, massa air yang berasal dari Samudera Pasifik Selatan berupa *Eastern South Pacific Central Water* dengan karakteristik suhu 8°-24°C dan salinitas 34,4-36,4 psu, *North Pacific Equatorial Water* dengan karakteristik suhu 6°-16°C dan salinitas 34,5-35,2 psu.

**Kata Kunci:** Laut Maluku, Karakteristik Massa Air, CMEMS, Observasi Opssurta ALKI III.

#### ABSTRACT

*The Maluku Sea is one of the waters in Indonesia with diverse seabed topographic conditions, has a sea depth of up to 4000 meter and borders the Pacific Ocean so that it has unique marine water mass characteristics. This research aims to study the nature of water mass distribution, and to evaluate the distribution of temperature, salinity and density that characterize the water mass in the Maluku Sea from the results of research with CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service) global model data. The depiction of water mass variables from global model data and Opssurta ALKI III Maluku Sea observations was carried out with ODV V.5.7.1 software to classify the type of water mass based on the area of origin. The results showed that the types of water masses obtained between the two data were dominated by 3*

*types of water masses, namely water masses originating from the North Pacific Ocean in the form of Western South Pacific Central Water with temperature characteristics of 6°-22°C and salinity 34.5-35.8 psu, water masses originating from the South Pacific Ocean in the form of Eastern South Pacific Central Water with temperature characteristics of 8°-24°C and salinity 34.4-36.4 psu, North Pacific Equatorial Water with temperature characteristics of 6°-16°C and salinity 34.5-35.2 psu.*

**Keywords:** Maluku Sea, Characteristics of Water Masses, CMEMS, Observations of Opssurta ALKI III.

## PENDAHULUAN

Laut Maluku adalah merupakan bagian dari wilayah perairan timur Indonesia, dimana di Laut Maluku ini juga termasuk lalu lintas laut internasional yaitu ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia) III dan juga memainkan peran yang vital dalam dinamika oseanografi regional dan global (Nontji, 2005). Berdasarkan letak geografisnya, Laut Maluku terletak diantara perairan laut dalam Indonesia dan memiliki koneksi langsung dengan Samudera Pasifik, sehingga berperan sebagai jalur transisi bagi sirkulasi massa air antara perairan Pasifik dan perairan Indonesia. Sirkulasi arus di wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh arus lintas Indonesia (*Indonesian Through flow*) yang menghubungkan Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia sehingga arus ini membawa massa air dari Pasifik yang lebih dingin dan lebih asin ke perairan dangkal Indonesia termasuk Laut Maluku (Gordon *et al.*, 2010).

Perubahan massa air di Laut Maluku juga dipengaruhi oleh dinamika salinitas dan suhu yang sangat fluktuatif, dimana Laut Maluku merupakan penghubung antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia sehingga berperan dalam mendistribusikan panas dan garam secara global dikarenakan oleh variasi suhu dan salinitas yang tinggi (Sprintall *et al.*, 2014). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa Laut Maluku tidak hanya berfungsi sebagai jalur arus lintas Indonesia, tetapi juga sebagai wilayah penting dalam proses pemanasan global dan keseimbangan iklim regional serta menegaskan bahwa variasi massa air di wilayah ini berkorelasi

dengan distribusi nutrisi yang menopang kehidupan biota laut dan memengaruhi produktivitas perikanan di wilayah tersebut.

Faktor iklim dan fenomena atmosfer yang memengaruhi variasi gradien suhu dan salinitas sepanjang tahun dapat menimbulkan fluktuasi suhu dan salinitas yang signifikan, salah satunya adalah fenomena El Nino dan La Nina. Dalam periode EL Nino aliran massa air dari Samudera Pasifik menuju perairan Indonesia cenderung melemah yang mengakibatkan suhu permukaan laut di wilayah ini lebih tinggi, sedangkan pada periode La Nina, arus lintas Indonesia menjadi lebih kuat dan membawa massa air yang lebih dingin dari Pasifik sehingga menurunkan suhu permukaan di Laut Maluku (Susanto & Gordon, 2005).

Dinamika massa air di Laut Maluku juga dipengaruhi oleh musim angin muson yang terjadi secara bergantian setiap enam bulan sekali, dimana selama periode angin muson barat bulan Oktober hingga April, angin membawa udara lembab dari Asia menuju Australia yang memperkuat arus dari arah Samudera Hindia ke Laut Maluku. Sebaliknya, pada musim angin muson timur April hingga Oktober, aliran udara kering dari Australia menuju Asia dapat meningkatkan masuknya massa air dari Pasifik yang relatif lebih dingin dan lebih asin sehingga dapat menurunkan suhu permukaan di Laut Maluku. Perbedaan dalam kecepatan dan arah arus selama musim angin muson turut memengaruhi pola distribusi suhu dan salinitas di Laut Maluku dengan mengontrol pola sirkulasi permukaan, *upwelling*, dan distribusi curah hujan sehingga

dampaknya terlihat dalam perubahan musiman yang signifikan pada termohalin, serta memainkan peran penting dalam sirkulasi laut global dan sistem iklim (Wyrski, 1961).

Laut Maluku merupakan salah satu titik pertemuan penting antara massa air dari Samudera Pasifik dan Samudera Hindia sehingga mencakup beberapa jenis air yang memiliki karakteristik salinitas dan suhu spesifik pada lapisan tertentu di kolom air yang dipengaruhi oleh dua formasi masa air yang masuk ke bagian timur wilayah Indonesia, massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dan massa air pasifik yang masuk dari sebelah timur Indonesia yang dikenal dengan *South Pacific Subtropical Water* (SPSW) yang dapat menurunkan salinitasnya di perairan Laut Maluku terutama pada lapisan yang lebih dangkal dari termoklin (Triyulianti *et al.*, 2018).

Selain masukan dari dua massa air tersebut, perairan Indonesia juga mendapat masukan formasi massa air dari Samudera Hindia yang terjadi pada kedalaman 200 meter hingga 800 meter yaitu *Subtropical Indian Water* (SIW) memiliki karakteristik salinitas yang tinggi dan lebih stabil berada di sekitar termoklin, *Indian Central Water* (ICW) memiliki karakteristik termoklin yang lebih dalam dibandingkan dengan massa air tropis Indonesia (Tomczak & Godfrey, 2003), *Modified Antarctic Intermediate Water* (AAIW) dengan karakteristik suhu rendah dan salinitas rendah pada lapisan termoklin bawah (Rintoul, 1991), *Indonesian Subsurface Water* (ISSW) terbentuk dari hasil pencampuran arus Pasifik dan Hindia (Gordon *et al.*, 2010), *Indonesian Intermediate Water* (IIW) terbentuk dari campuran massa air dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik di perairan Indonesia khususnya di wilayah laut dalam yang memiliki salinitas rendah dan berada di lapisan bawah termoklin (Wijffels *et al.*, 2017), dan *Arabian Sea-Red Sea Water* (ARSW) merupakan massa air yang berasal

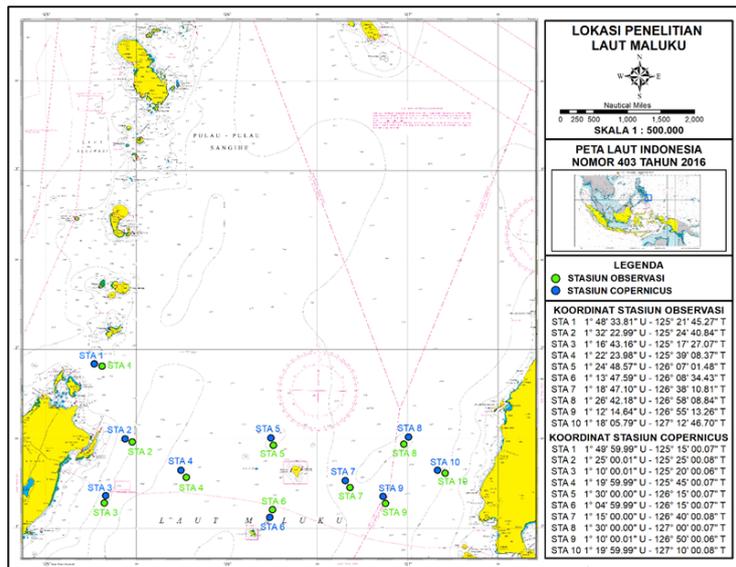
dari Laut Arab dan Laut Merah dengan karakteristik salinitas yang tinggi mencapai maksimum pada lapisan termoklin di Samudera Hindia Barat Laut (Wyrski, 1961).

Dengan banyaknya massa air yang ada di wilayah perairan Indonesia merupakan hal yang menarik perhatian bagi peneliti dan dunia akademisi, selain untuk mengetahui pembentukan formasi massa air di perairan Laut Indonesia sehingga menjadi penting dalam mempelajari iklim global (Sprintall *et al.*, 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap karakteristik variabel massa air di Laut Maluku berdasarkan data observasi Opssurta ALKI III Laut Maluku tahun 2024 dengan data model Copernicus, dan menampilkan sebaran jenis massa air dari data tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan 2 set data yaitu data primer yang merupakan hasil pengukuran langsung (*in situ*) *Conductivity Temperature and Depth* (CTD) profiler sampai dengan kedalaman 600m selama Operasi Survei dan Pemetaan (Opssurta) di ALKI III Laut Maluku. Parameter yang diukur berupa suhu laut, tekanan dan konduktivitas, kemudian diturunkan menjadi variabel suhu terhadap kedalaman, salinitas terhadap kedalaman dan densitas terhadap kedalaman. Opssurta dilaksanakan pada 28 Februari 2024 sampai dengan 27 Maret 2024 menggunakan wahana KRI Spica-934 milik Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL (Pushidrosal). Secara teknis terdapat 10 total stasiun pengamatan CTD yang telah dilakukan seperti yang terdapat pada Gambar 1. Dalam menentukan titik stasiun serta penurunan alat survei oseanografi dilaksanakan secara sistematis dengan tetap mempertimbangkan keselamatan personil dan materiil.

Selain itu dalam penelitian ini juga menggunakan data sekunder dari model global yang bersumber dari CMEMS



Gambar 1. Posisi Koordinat Stasiun Observasi.  
 Figure 1. Position of Station Observation Coordinates.

Copernicus yang diunduh berdasarkan titik lokasi pelaksanaan observasi Opcsurta ALKI III Laut Maluku. Dimana posisi stasiun model Copernicus dipilih berdasarkan posisi stasiun observasi terdekat dan data yang diunduh adalah data rata-rata harian/daily disamakan dengan hari pengamatan di setiap stasiun observasi berupa suhu, salinitas dan densitas. Format file dari Hasil unduhan data Copernicus yaitu Network Common Data Form (netCDF) dimana format data netCDF adalah (.nc), sehingga data tersebut dapat diolah dengan menggunakan perangkat lunak ODV (Schlitzer, 2021).

Variabel massa air antara Observasi dan Copernicus dibandingkan secara statistik menggunakan model korelasi, regresi dan RMSE (Chaidir *et al.*, 2022) dengan rumus (persamaan 1).

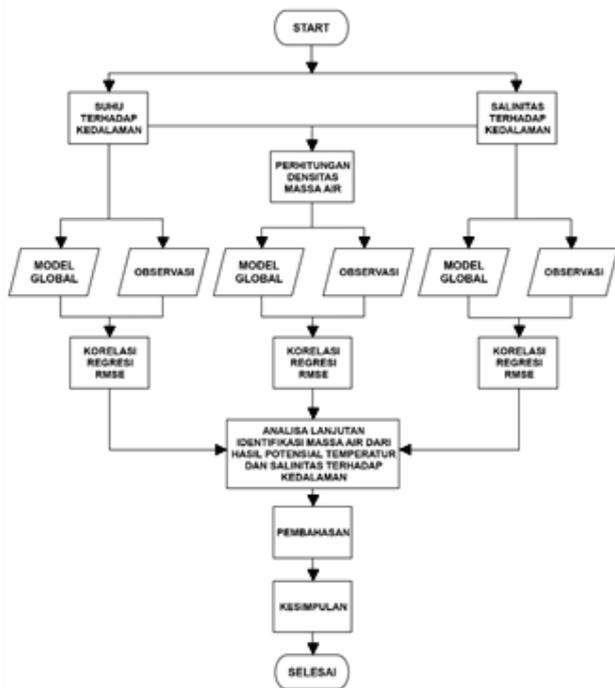
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y_{pred} - Y_{true})^2}{n}} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:  
 RMSE = Nilai kesalahan  
 Ypred = Nilai data model global  
 Ytrue = Nilai data observasi  
 n = Jumlah data

Perbandingan dilakukan pada lapisan kedalaman pencampuran (*mixed layer*), dan lapisan kedalaman termoklin, serta Karakteristik massa air akan dilaksanakan analisis berdasarkan model T-S diagram (Gunawan *et al.*, 2022).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan analisis kuantitatif, dan analisa statistik deskriptif dengan analisa korelasi regresi antara data tersebut, yaitu dengan pengolahan data massa air dari model Copernicus dan data observasi. Instrumen yang digunakan antara lain sebagai berikut: Laptop peneliti, Microsoft Office 2021, internet, software Ocean Data View (ODV) version 5.7.1 (64 bit) untuk pengolahan data observasi dan model Copernicus, Global Mapper Version 23.0 untuk plot koordinat stasiun CTD, dan ArcGIS 10.7 untuk pembuatan purwarupa peta koordinat stasiun observasi dan model Copernicus. Penelitian ini menggunakan diagram alir yang merupakan representasi sebagai panduan alur pikir kegiatan mulai dari tahap pengambilan data awal, pengolahan data, analisis data, pembahasan sampai dengan kesimpulan seperti pada Gambar 2.

Dalam menentukan massa air,



Gambar 2. Flowchart Pengolahan Data.  
Figure 2. Data Processing Flowchart.

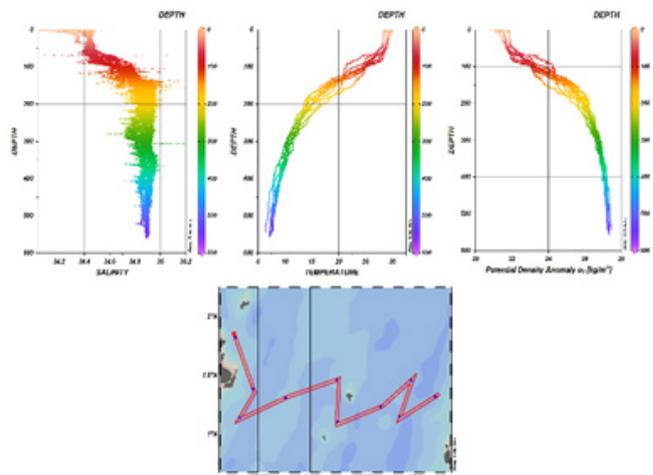
pengolahan data menggunakan Temperature-Salinity Diagram (T-S Diagram) dalam antara data suhu dan salinitas (Wyrтки, 1961). Hasil dari analisis tersebut akan menghasilkan diagram T-S, dimana diagram tersebut sangat bermanfaat dalam menentukan atau mengenal tipe-tipe air seperti massa air dengan suhu dan salinitas tertentu (Purwandana, 2012). Kemudian dalam menjelaskan terhadap stratifikasi massa air akan didapatkan lapisan termoklin sebagai suatu kedalaman dimana gradien temperatur lebih besar atau sama dengan  $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$  (Ross, 1970).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

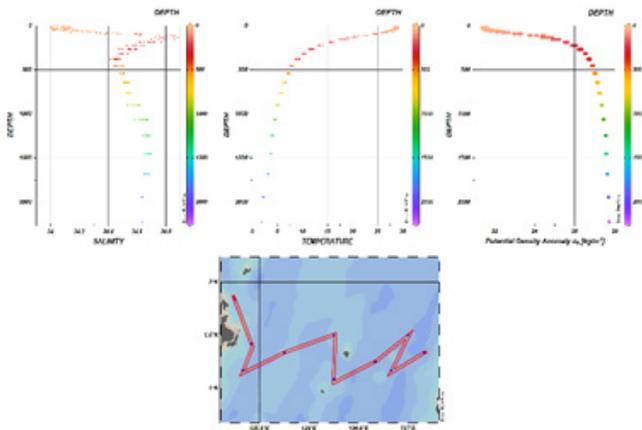
Hasil dari penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya tentang analisis massa air di perairan Maluku Utara (Haikal *et al.*, 2012) mendapatkan data yang lebih detail. Data yang didapat dari penelitian sebelumnya hanya menitikberatkan pada data sebaran salinitas, temperature, dan densitas secara general, belum ada klasifikasi terhadap tipe dan jenis massa air berdasarkan karakteristiknya.

Berdasarkan data pengamatan CTD di stasiun 1 sampai dengan stasiun 10 dimana menurut data statistik nilai suhu paling rendah yaitu  $6,399^{\circ}\text{C}$ , suhu paling tinggi yaitu  $30,057^{\circ}\text{C}$  dan rata-rata suhu didapat yaitu  $15,328^{\circ}\text{C}$ . Kemudian data berikutnya yang didapat adalah nilai salinitas dengan nilai salinitas paling rendah yaitu 33,006 psu dan nilai salinitas paling tinggi yaitu 35,271 psu, dan rata-rata nilai salinitasnya adalah 34,778 psu. Dari hasil analisis terdapat data densitas dengan nilai densitas minimal yang diperoleh adalah  $20,213 \text{ kg}/\text{m}^3$ , nilai densitas maksimal adalah  $29,898 \text{ kg}/\text{m}^3$ , dan untuk nilai densitas rata-rata adalah  $26,654 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

Data berikutnya dari stasiun model Copernicus karakteristik massa air dari stasiun 1 sampai dengan stasiun 10 memiliki data statistik suhu paling rendah yaitu  $6,049^{\circ}\text{C}$ , suhu paling tinggi yaitu  $29,154^{\circ}\text{C}$ , dan rata-rata suhu adalah  $23,110^{\circ}\text{C}$ . Data berikutnya yaitu adalah salinitas, dengan nilai salinitas paling rendah yaitu 33,997 psu, nilai salinitas paling tinggi yaitu 34,881 psu, dan rata-rata salinitasnya adalah 34,277 psu. Data selanjutnya yaitu adalah data densitas  $\theta_t$ , dengan nilai minimal adalah  $21,357 \text{ kg}/\text{m}^3$  dan nilai maksimal adalah  $27,194 \text{ kg}/\text{m}^3$  serta untuk nilai rata-rata adalah  $23,100 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Profil vertikal suhu, salinitas, dan densitas dari data CTD baik itu dari data observasi



Gambar 3. Profil Vertikal Data CTD Observasi.  
Figure 3. Vertical Profile of CTD Data Observations.



Gambar 4. Profil Vertikal Data Model Copernicus.  
 Figure 4. Vertical Profile of Copernicus Model data.

maupun data model Copernicus disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

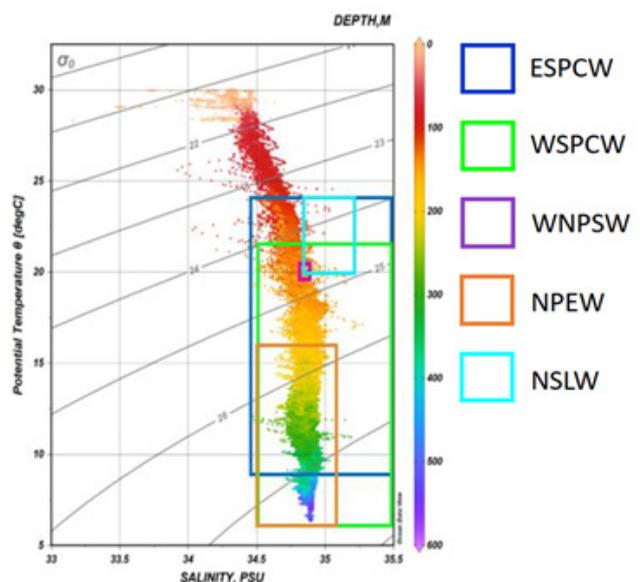
Dalam menentukan jenis massa air dari penelitian tersebut dapat ditentukan menggunakan diagram T-S, dimana dari diagram tersebut dapat kita petakan/plot berdasarkan data potensial temperatur dan salinitas terhadap kedalaman dari pengolahan sampel air sehingga dapat dikenali karakteristik jenis massa air. Terdapat garis kontur di dalam diagram tersebut dimana garis kontur tersebut mencerminkan nilai densitas yang sama dimana nilai tersebut dapat dilambangkan dengan  $\sigma_t$  (sigma-t) yang digunakan dalam oseanografi fisika (Supangat & Susanna, 2007). Variabel-variabel yang terdapat pada diagram T-S tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu arus, topografi perairan, suhu, salinitas, dan tekanan lokal yang bekerja serta kondisi geografis pada perairan tersebut.

Purba & Pranowo (2015) menyebutkan bahwa Negara Republik Indonesia adalah merupakan satu-satunya negara kepulauan yang berada pada wilayah lintang rendah dan menjadi perlintasan arus dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia. Hal tersebut senada dengan kondisi geografis Indonesia dimana kita ketahui bersama bahwa posisi geografis Indonesia yang terbentang sepanjang katulistiwa begitu sangat strategis sehingga membuat laut Indonesia sangat

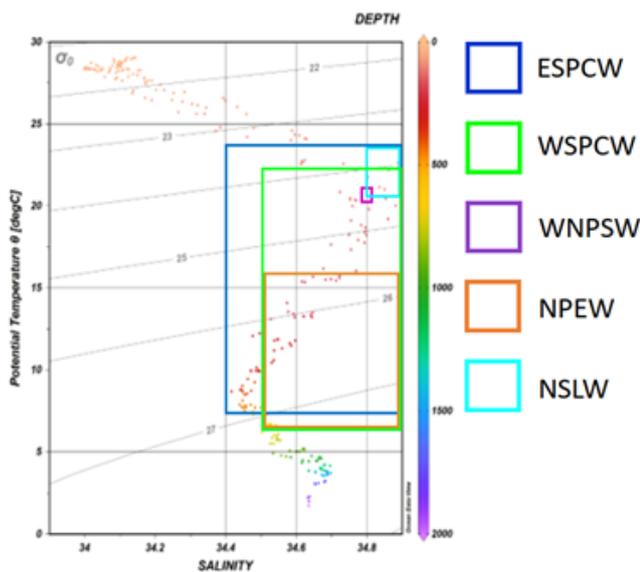
berperan penting pada terjadinya proses pencampuran massa air antara dua samudera yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia dimana massa air tersebut sangat didominasi oleh massa air yang berasal dari Samudera Pasifik.

Massa air yang masuk dan berdifusi ke perairan Indonesia dari Samudera Pasifik didorong oleh arus laut dan mengalir keluar Indonesia, dimana ada 4 jenis massa air yang berada di Samudera Pasifik yaitu *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) dan *North Pacific Intermediate Water* (NPIW), kedua massa air ini dibawa oleh arus Mindanao Eddy dan arus *North Equatorial Current* (NEC). Selanjutnya massa air *South Pacific Subtropical Water* (SPSW) dan *South Pacific Intermediate Water* (SPIW) dibawa oleh arus *New Guinea Coastal Current* (NGCC) dan arus *South Equatorial Current* (SEC) (Bayhaqi *et al.*, 2018; Coatanoan *et al.*, 1999; Sprintall *et al.*, 2014a, 2014b; Teliandi *et al.*, 2013; Utamy *et al.*, 2015; Bernawis *et al.*, 2019; Oktavianto *et al.*, 2023).

Dikarenakan pergerakan dari arus laut tersebut sehingga menyebabkan terbentuknya karakteristik massa air yang khusus atau unik



Gambar 5. Diagram T-S Observasi.  
 Figure 5. Observation T-S Diagram.



Gambar 6. Diagram T-S Model Copernicus.  
Figure 6. Copernicus Model T-S Diagram.

di perairan Indonesia. Klasifikasi massa air yang berasal dari Samudera Pasifik Selatan seperti *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dan *Western South Pacific Central Water* (WSPCW), dimana akan ditampilkan ke dalam diagram T-S dari hasil pengamatan in situ pada Gambar 5 dan hasil diagram T-S dari data model Copernicus pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil dari analisa diagram T-S diatas terdapat massa air yang terbawa oleh arus laut yang berasal dari Samudera Pasifik Utara yaitu *Western North Pacific Subtropical Water* (WNPSW) dengan karakteristik suhu yaitu 20°C dan salinitasnya yaitu 34,8 psu, hal tersebut dapat dilihat dari diagram diatas dengan kotak warna ungu, selain itu terdapat juga massa air *North Pacific Equatorial Water* (NPEW) dengan karakteristiknya yaitu suhu dari 6°C sampai dengan 16°C dan salinitasnya yaitu dari 34,5 psu sampai dengan 35,2 psu dapat dilihat dari kotak berwarna coklat. Kemudian massa air *North Subtropical Lower Water* (NSLW) dengan karakteristik suhu yaitu dari 20°C sampai dengan 24°C dan salinitasnya yaitu dari 34,8 psu sampai dengan 35,2 psu ditandai dengan kotak warna biru muda, selain itu terdapat juga massa air yang terbawa oleh arus laut berasal dari Samudera

Pasifik Selatan yaitu *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dengan karakteristik suhu yaitu dari 6°C sampai dengan 22°C, dan nilai salinitasnya yaitu dari 34,5 psu sampai dengan 35,8 psu dapat dilihat pada Gambar dengan kotak berwarna biru tua.

Data dari observasi dan model Copernicus setelah dilaksanakan pengolahan didapat bahwa pada perairan Laut Maluku terjadi pencampuran massa air yang berasal dari massa air WSPCW, ESPCW, dan NPEW.

Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan data dari pengolahan ODV antara data observasi dan data model Copernicus yang telah dikelompokkan sesuai dengan karakteristik jenis massa air. Hal ini dapat dilihat bahwa telah terjadi pencampuran massa air pada kedalaman antara 163 meter sampai dengan 558 meter yang menunjukkan karakteristik massa air *North Pacific Equatorial Water* (NPEW) dengan suhu 6°C-16°C dan tekanan 34,5 psu-35,2 psu, kemudian pada kedalaman 93 meter sampai dengan 170 meter menunjukkan karakteristik massa air *North Subtropical Lower Water* (NSLW) dengan suhu 20°C-24°C dan tekanan 34,8 psu-35,2 psu. Kemudian pada kedalaman 75 meter sampai dengan 492 meter menunjukkan karakteristik massa air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dengan suhu 8°C-24°C dan tekanan 34,4 psu-36,4 psu, pada kedalaman 91 meter sampai dengan 558 meter menunjukkan karakteristik massa air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) dengan suhu 6°C-22°C dan tekanan 34,5 psu-35,8 psu. Data menunjukkan bahwa perairan Indonesia merupakan perairan perlintasan arus yang membawa massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia yang biasa disebut dengan Arus Lintas Indonesia/Arlindo (Fieuz et al., 1996). Selain itu massa air Pasifik tersebut terdiri dari massa air Pasifik Utara dan massa air Pasifik Selatan (Emery., 2001; Wyrski, 1961), berikut akan ditampilkan tabel data hasil pengolahan beserta jenis massa air berdasarkan karakteristik pada stasiun

Tabel 1. Karakteristik Massa Air Observasi Berdasarkan Jenis Massa Air dan Kedalaman.  
 Table 1. Water Mass Characteristics of Observation Data Based on Water Mass Type and Depth.

| Stasiun | Karakteristik |                 | Kedalaman (m) | Tipe Massa Air                                 |
|---------|---------------|-----------------|---------------|--|
|         | Suhu (°C)     | Salinitas (psu) |               |  |
| 1       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 192 – 542     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 91 – 542      | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 75 – 387      | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 93 – 145      | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 2       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 187 – 483     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 113 – 484     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 107 – 484     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 113 – 135     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 3       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 184 – 519     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 520     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 116 – 475     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 129 – 131     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 4       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 164 – 539     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 119 – 539     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 105 – 492     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 124 – 125     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 5       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 163 – 548     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 115 – 549     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 104 – 490     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 104 – 138     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 6       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 208 – 508     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 107 – 509     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 94 – 472      | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 104 – 163     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
| 7       | 20            | 34,8            | 160 – 165     | <i>Western North Pacific Subtropical Water</i> |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 176 – 491     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 117 – 492     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 114 – 491     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 8       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 120 – 137     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 214 – 527     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 155 – 528     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 127 – 434     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 9       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 158 – 170     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 176 – 552     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 121 – 553     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 110 – 483     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 10      | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 120 – 130     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 184 – 558     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 128 – 558     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 105 – 406     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 126 – 136     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |

observasi dan stasiun model Copernicus (Tabel 1 dan Tabel 2).

Selain melaksanakan analisis T-S diagram, penelitian ini turut melakukan

analisis terhadap temperatur, salinitas, dan densitas antara stasiun observasi dengan stasiun model Copernicus terhadap kedalaman laut pada lapisan laut *mixed layer* mulai dari permukaan laut sampai

Tabel 2. Karakteristik Massa Air Data Copernicus berdasarkan Jenis Massa Air dan Kedalaman.  
 Table 2. Water Mass Characteristics Copernicus data by Water Mass Type and Depth.

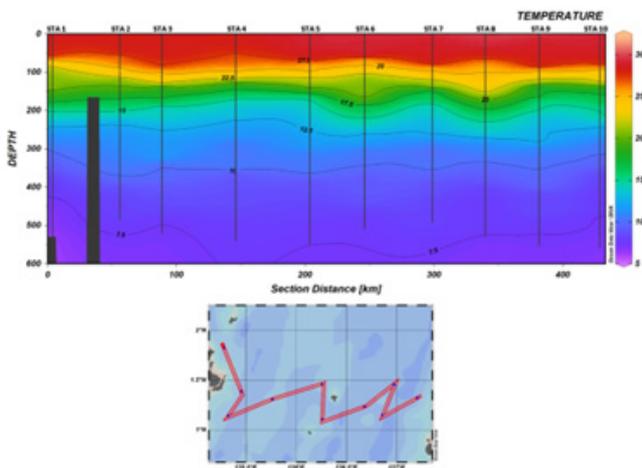
| Stasiun | Karakteristik |                 | Kedalaman (m) | Tipe Massa Air                                 |
|---------|---------------|-----------------|---------------|--|
|         | Suhu (°C)     | Salinitas (psu) |               |  |
| 1       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 109 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 2       | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 109 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 454     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 3       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 108 – 110     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 222 – 764     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 109 – 764     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 4       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 108 – 110     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 5       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 108 – 381     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 109 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 6       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 108 – 110     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
|         | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
| 7       | 20 – 24       | 34,8 – 35,2     | 129 – 132     | <i>North Subtropical Lower Water</i>           |
|         | 20            | 34,8            | 128 – 132     | <i>Western North Pacific Subtropical Water</i> |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
| 8       | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
| 9       | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 186 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |
| 10      | 6 – 22        | 34,5 – 35,8     | 130 – 644     | <i>Western South Pacific Central Water</i>     |
|         | 8 – 24        | 34,4 – 36,4     | 109 – 381     | <i>Eastern South Pacific Central Water</i>     |
|         | 6 – 16        | 34,5 – 35,2     | 222 – 644     | <i>North Pacific Equatorial Water</i>          |

dengan kedalaman 200 meter dan pada lapisan termoklin 200 meter sampai dengan 600 meter. Pada analisis suhu terhadap *mixed layer* tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sedangkan pada lapisan termoklin ada sedikit perbedaan suhu antara hasil pengamatan dengan model Copernicus seperti yang terdapat pada Gambar 7 untuk data observasi dan Gambar 8 untuk data

model Copernicus.

Berdasarkan hasil analisis tersebut suhu dari data observasi pada lapisan *mixed layer* berkisar antara 15,76°C sampai dengan 29,20°C dan suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 6,8°C sampai dengan 15°C.

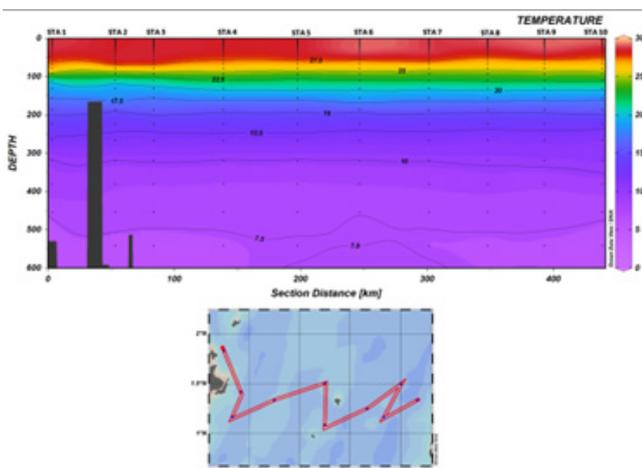
Sedangkan berdasarkan data dari model



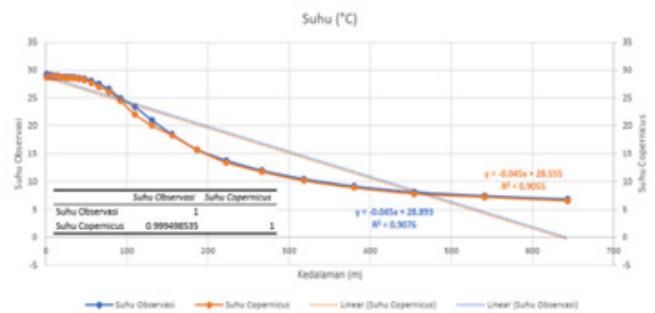
Gambar 7. Profil Suhu Observasi.  
Figure 7. Observation Temperature Profile.

Copernicus didapat data suhu pada lapisan mixed layer berkisar antara 15,69°C sampai dengan 28,7°C dan suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 6,5°C sampai dengan 15°C. Dari perbandingan tersebut ada perbedaan yang tidak signifikan pada lapisan mixed layer dan lapisan termoklin berdasarkan data observasi dengan model Copernicus.

Selain dengan analisis permodelan ODV, dilaksanakan analisis korelasi dan regresi serta perhitungan kesalahan metode RMSE antara data observasi dengan model Copernicus untuk mengetahui bagaimana hubungan korelasi dan regresinya seperti yang tertera pada Gambar 9.



Gambar 8. Profil Suhu Copernicus.  
Figure 8. Copernicus Temperature Profile.

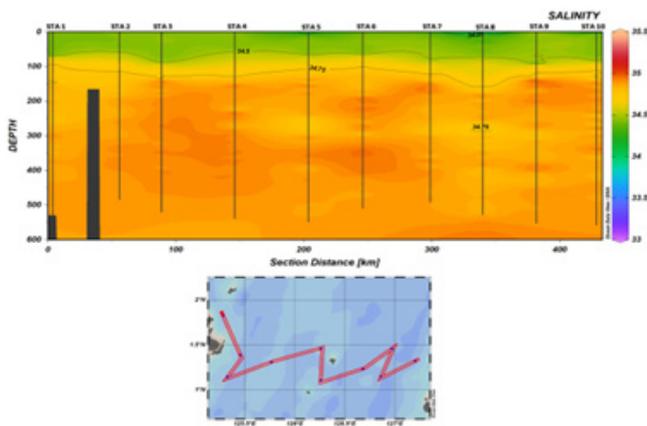


Gambar 9. Analisa Korelasi dan Regresi terhadap Suhu.  
Figure 9. Correlation and Regression Analysis of Temperature.

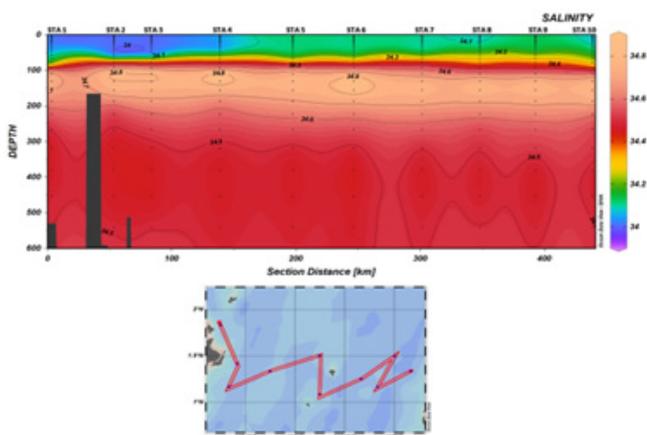
Berdasarkan data tersebut bahwa korelasi antara suhu observasi dengan suhu model Copernicus sangat kuat dengan nilainya yaitu  $r = 0,999498535$  dengan nilai regresinya Significance F = 4,68787E-48 dimana nilai tersebut  $< 0,05$  sehingga terdapat pengaruh yang signifikan antara suhu observasi dengan suhu model Copernicus. Sedangkan besar kesalahan antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual dalam analisis statistik dan pemodelan prediktif menggunakan *Root Means Square Error* (RMSE) (Makridakis & Hibon, 2000) yaitu Hasil kesalahan dengan metode penghitungan RMSE suhu antara data observasi dengan data model Copernicus didapat yaitu  $RMSE = 0,167002742$  dengan demikian nilai RMSE mendekati nol atau kurang dari satu, data permodelan tersebut dianggap sangat akurat dalam memprediksi data aktual karena perbedaan antara prediksi dengan nilai sebenarnya sangat rendah (Shaumway & Stoffer, 2011).

Pengolahan data salinitas antara data observasi dengan data model Copernicus dengan hasil pada Gambar 10 untuk data observasi dan Gambar 11 untuk data model Copernicus.

Dari hasil analisis tersebut didapat data salinitas data observasi pada mixed layer berkisar antara 34,22 psu sampai dengan 34,86 psu dan pada lapisan termoklin berkisar antara 34,86 psu sampai dengan 35,05 psu,



Gambar 10. Profil Salinitas Observasi.  
Figure 10. Observation Salinity Profile.



Gambar 11. Profil Salinitas Observasi.  
Figure 11. Observation Salinity Profile.

sedangkan pada hasil data model Copernicus didapat data salinitas pada *mixed layer* berkisar antara 34,07 psu sampai dengan 34,69 psu dan pada lapisan termoklin berkisar antara 34,69 psu sampai dengan 35 psu.

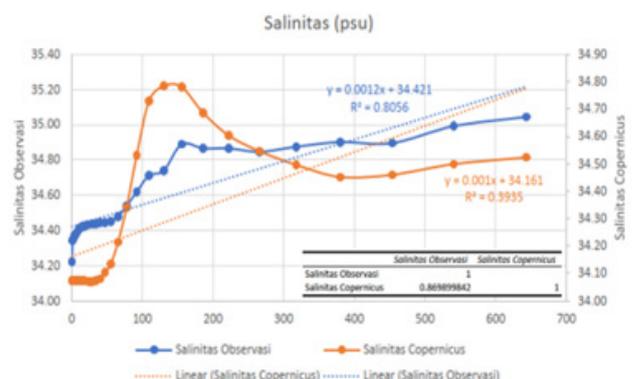
Kemudian dilakukan analisis untuk melihat sejauh mana hubungan korelasi dan regresi antara kedua data tersebut, dimana analisis regresi dapat digunakan untuk membuat model prediktif dimana akurasi model bergantung pada asumsi statistiknya (Montgomery *et al.*, 2012) sedangkan analisis korelasi memiliki hubungan yang dapat digunakan untuk memahami relasi antar variabel namun korelasi tidak cukup untuk membuktikan sebab-akibat (Gershman & Ullman, 2023), oleh karena itu perlu dilakukan analisis regresi dan korelasi terhadap data

observasi dengan data model Copernicus untuk dapat menentukan apakah terdapat hubungan yang kuat antara data observasi dengan data model Copernicus seperti pada Gambar 12.

Hasil perhitungan dari analisa korelasi antara kedua data tersebut terhadap salinitas yaitu  $r = 0,869899842$  dengan demikian menyatakan bahwa korelasi kedua data tersebut sangat kuat, hasil dari analisis regresi kedua data tersebut terhadap salinitas yaitu Significance F = 4,93901E-11 dimana nilai tersebut  $< 0,05$  menunjukkan ada pengaruh yang signifikan antara kedua data tersebut.

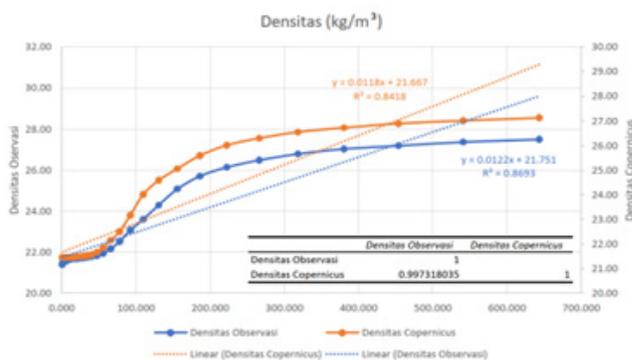
Selanjutnya dalam menghitung kesalahan menggunakan RMSE hasil perhitungan kesalahan dari kedua data tersebut terhadap salinitas dengan nilai RMSE = 0,147199485 dengan demikian antara data observasi dengan data model Copernicus sangat akurat dikarenakan nilai RMSE-nya mendekati nol atau kurang dari satu dan nilai yang kecil juga menunjukkan perbedaan antara prediksi dan nilai sebenarnya sangat rendah (Shumway *et al.*, 2011).

Perbandingan berikutnya yaitu membandingkan data observasi dengan data model Copernicus terhadap densitas dengan hasil pada Gambar 13 untuk data observasi dan Gambar 14 untuk data model Copernicus.



Gambar 12. Analisa Korelasi dan Regresi terhadap Salinitas.  
Figure 12. Correlation and Regression Analysis of Salinity.

Dari hasil analisis tersebut didapat data densitas data observasi pada mixed layer berkisar antara 21,4107 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 25,7043 kg/m<sup>3</sup> dan pada lapisan termoklin berkisar antara 25,7043 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 27,4922, sedangkan pada hasil data model Copernicus didapat data densitas pada mixed layer berkisar antara 21,4606 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 25,5885 kg/m<sup>3</sup> dan pada lapisan termoklin berkisar antara 25,5886 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 27,1182 kg/m<sup>3</sup>. Hal tersebut mengindikasikan tidak adanya perbedaan yang begitu besar antara data observasi dengan data model Copernicus terhadap densitas. Selanjutnya untuk menguatkan data tersebut maka dilaksanakan perhitungan dengan menggunakan metode



Gambar 15. Analisa Korelasi dan Regresi terhadap Densitas.

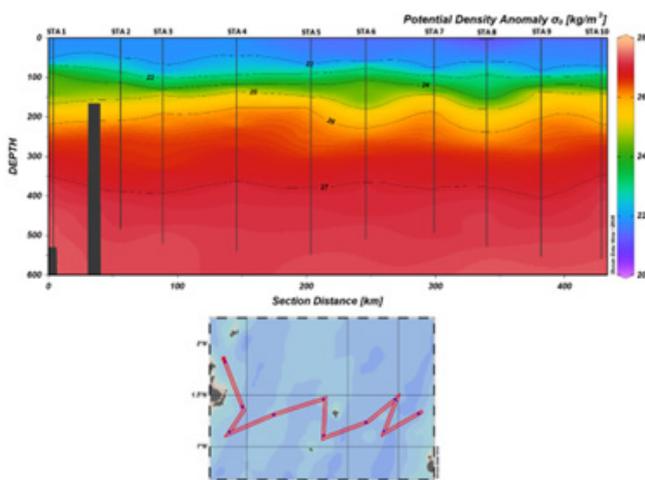
Figure 15. Correlation and Regression Analysis of Density.

analisis korelasi dan regresi untuk mengetahui sejauh mana hubungan antara kedua data tersebut seperti yang terdapat pada Gambar 15.

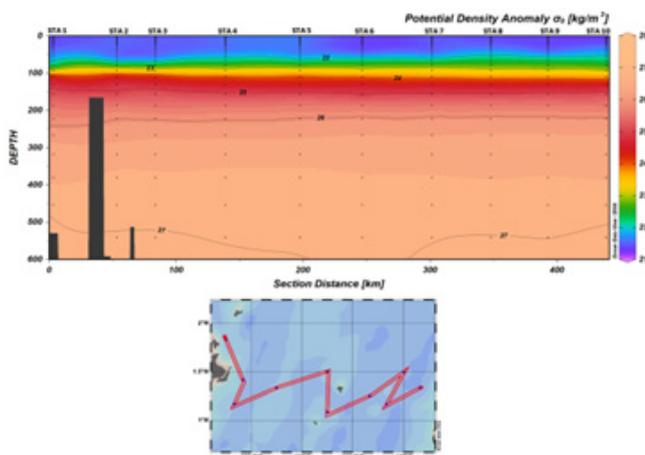
Hasil perhitungan korelasi dari data observasi dan data model Copernicus terhadap densitas dengan nilai yaitu  $r = 0,997318035$  dengan demikian menyatakan bahwa korelasi kedua data tersebut terhadap densitas sangat kuat, sedangkan hasil dari analisis regresi kedua data tersebut terhadap nilai densitas yaitu *Significance F* = 8,94968E-37 dimana nilai tersebut < 0,05 menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang signifikan antara data observasi dengan data model Copernicus. Kemudian dalam menentukan kesalahan menggunakan metode RMSE dimana hasil perhitungan kesalahan dari kedua data tersebut yaitu  $RMSE = 0,063532476$ , dengan demikian nilai kesalahan antara data observasi dengan data model Copernicus terhadap densitas sangat akurat dikarenakan nilai RMSE-nya mendekati nol atau kurang dari satu dan nilai yang kecil menunjukkan perbedaan antara prediksi dan nilai sebenarnya sangat rendah (Shumway *et al.*, 2011).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengolahan data dan analisis terhadap data observasi Opssurta ALKI III



Gambar 13. Profil Salinitas Observasi.  
Figure 13. Observation Density Profile.



Gambar 14. Profil Densitas Copernicus.  
Figure 14. Copernicus Density Profile.

Laut Maluku didapat karakteristik massa air wilayah tersebut yang didominasi oleh 4 jenis massa air yaitu WSPCW dengan kedalaman setiap stasiun mulai dari 91 meter sampai dengan 558 meter, ESPCW dengan kedalaman setiap stasiun mulai dari 75 meter sampai dengan 492 meter, NSLW dengan kisaran kedalaman setiap stasiun mulai dari 93 meter sampai dengan 170 meter, dan NPEW dengan setiap stasiun mulai dari 163 meter sampai dengan 558 meter.

Sedangkan hasil analisis karakteristik massa air terhadap data model Copernicus wilayah tersebut didominasi oleh 3 massa air yaitu WSCPW dengan kedalaman setiap stasiun mulai dari 109 meter sampai dengan 764 meter, ESPCW dengan kedalaman setiap stasiun mulai dari 109 meter sampai dengan 381 meter, dan NPEW dengan kedalaman setiap stasiun mulai dari 186 meter sampai dengan 764 meter.

Selain hasil analisis terhadap data karakteristik jenis massa air, dilakukan juga analisis terhadap hubungan antara kedua data tersebut dimana dari ketiga parameter yaitu suhu, salinitas dan densitas terdapat hubungan yang sangat kuat. Pada parameter suhu dengan hasil korelasi terhadap suhu yaitu  $r = 0,999498535$  dengan nilai regresinya yaitu *Significance F* =  $4,68787E-48$  bahwa hubungan antara kedua data tersebut sangat kuat, nilai hasil perhitungan RMSE yaitu  $0,167002742$  membuktikan bahwa data permodelan tersebut dianggap sangat akurat dalam memprediksi data aktual karena perbedaan antara prediksi dengan nilai sebenarnya sangat rendah.

Selanjutnya pada parameter salinitas didapat nilai analisa korelasi yaitu  $r = 0,869899842$  dengan nilai regresinya yaitu *Significance F* =  $4,93901E-11$  membuktikan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dan sangat kuat antara kedua data tersebut, perhitungan kesalahan RMSE turut menguatkan dengan nilai kesalahan

yaitu  $0,147199485$  menunjukkan bahwa data observasi dengan data model Copernicus sangat akurat karena nilai-nya mendekati nol atau kurang dari satu.

Kemudian pada parameter terakhir yaitu parameter denistas, dimana nilai analisis regresinya didapat yaitu  $r = 0,997318035$  dan untuk nilai analisis regresi yaitu *Significance F* =  $8,94968E-37$  membuktikan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dan sangat kuat, hasil perhitungan kesalahan dengan metode RMSE didapat nilai kesalahannya yaitu  $0,063532476$  menunjukkan bahwa data observasi dengan data model Copernicus sangat akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan artikel ilmiah ini, seluruh penulis merupakan kontributor utama, dan Operasi Survei dan Pemetaan ALKI III Laut Maluku dibiayai oleh Pushidros TNI AL. Ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh Mahasiswa dan Dosen S1 Prodi Hidrografi Sekolah Tinggi Angkatan Laut (STTAL) yang banyak memberikan arahan dalam penyusunan dan pengolahan data. Artikel ilmiah ini merupakan bagian dari tugas pada mata kuliah hitung perataan. Data CTD model Copernicus diperoleh dari CMEMS Marine Copernicus Archive dan analisis data dilakukan di Laboratorium Hidro-Oseanografi STTAL.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bayhaqi, A., Iskandar, I., Surinati, D., Budiman, A. S., Wardhana, A. K., Dirhamsyah, Yuan, D., & Lestari, D. O. (2018). Water Mass Characteristic in The Outflow Region of The Indonesian Throughflow during and post 2016 Negative Indian Ocean Dipole Event. *Earth and Environmental Science* 149.
- Bernawis, L. I., Ramadhan, F. L., Chairuasni, L. N., Rachmayani, R., & Putri, M. R.

- (2019, July). Composition of Indonesia throughflow in North Sulawesi water masses and heat content. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1277(1), 012041).
- Chaidir, C., & Tuharea, N. D. (2022). Analisa perbandingan data pasang surut dengan metode koefisien korelasi dan RMSE antara data IOC sealevelmonitoring dan data program NAOTID. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 84-89.
- Coatanoan, C., Metzl N., Fieux, M., & Coste, B. (1999). Seasonal Water Mass Distribution in The Indonesian Throughflow Entering The Indian Ocean. *J. Geophys. Res*, C9(104), 20,801-20,826.
- Emery, W. (2001). Water Types and Water Masses. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 4, 3179–3187. <https://doi.org/10.1006/rwos.2001.0108>.
- Fieux, M., Andrié, C., Charriaud, E., Ilahude, A. G., Metzl, N., Molcard, R., & Swallow, J. C. (1996). Hydrological and chlorofluoromethane measurements of the Indonesian throughflow entering the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 101(C5), 12433-12454.
- Gershman, S. J., & Ullman, T. D. (2023). Causal implicatures from correlational statements. *PLoS one*, 18(5), e0286067.
- Gordon, A., J. Sprintall, H.M. Van Aken, D. Susanto, S. Wijffels, R. Molcard, A. Field, W. Pramono, & S. Wirasantosa. (2010). The Indonesian Throughflow during 2004-2006 as observed by the INSTANT program. *Dyn. Atmosph. Ocean* 50(2), 115–128.
- Gunawan, I., Pranowo, W. S., & Sukoco, N. B. (2019). Studi Karakteristik Massa Air Laut di Perairan Timur Indonesia dengan Memanfaatkan Data Argo Float: Study of Seawater Mass Characteristics in Eastern Indonesian Waters by Utilizing Argo Float Data. *Jurnal Chart Datum*, 5(2), 130-143.
- Haikal, V. M., Taofiqurohman, A., & Riyantini, I. (2012). Analisis Massa Air di Perairan Maluku Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad*, 3(1), 125685.
- Makridakis, S., & Hibon, M. (2000). The M3-Competition: results, conclusions and implications. *International journal of forecasting*, 16(4), 451-476.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons.
- Nontji, A. (2005). Laut Nusantara (edisi revisi). Djambatan, Jakarta.
- Oktavianto, E. A., Pranowo, W. S., Adrianto, D., Handoko, D., Setiyadi, J., & Hascaryo, A. (2023). Massa Air di Laut Banda Berdasarkan Data Observasi Ekspedisi Jala Citra 2–2022 “Banda” dan Model Global. *Jurnal Chart Datum*, 9(2), 77-90.
- Purba, N. P., & Pranowo, W. S. (2015). *Dinamika oseanografi*, deskripsi karakteristik massa air dan sirkulasi laut. Universitas Padjajaran, Bandung.
- Purwandana, A. (2012). Transformasi dan Percampuran Massa Air di Perairan Selat Alor pada Bulan Juli 2011. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rintoul, S. R. (1991). South Atlantic interbasin exchange. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 96(C2), 2675-2692.
- Ross, D.A. 1970. Introduction to Oceanography. Prentice-Hall Inc, USA

- Schlitzer, R. (n.d.). Ocean Data View 2021. Retrieved November 28, 2022, from <https://odv.awi.de/>.
- Shumway, R. H., Stoffer, D. S., & Stoffer, D. S. (2000). Time series analysis and its applications, 3, 4). New York: Springer.
- Sprintall, J., Gordon, A. L., Koch-Larrouy, A., Lee, T., Potemra, J. T., Pujiana, K., & Wijffels, S. E. (2014). The Indonesian seas and their role in the coupled ocean-climate system. *Nature Geoscience*, 7(7).
- Supangat, A., & Susanna (2005) Pengantar Oseanografi. h L. dan SDNH BRKP-DKP. Jakarta: Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumber Daya Non Hayati. BRKP-DKP.
- Susanto, R. D., & Gordon, A. L. (2005). Velocity and transport of the Makassar Strait throughflow. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110(C1).
- Teliandi, D., Djunaedi, O. S., Purba, N. P., & Pranowo, W. S. (2013). Karakteristik Musiman Massa Air di Samudra Hindia Selatan Jawa. *J. Perikanan & Kelautan*, 4(4), 191–200.
- Tomczak, M., & Godfrey, J. S. (2003). Regional oceanography: an introduction. Daya books.
- Triyulianti, I., Radiarta, I. N., Yunanto, A., Pradisty, N. A., Islami, F., & Putri, M. R. (2018). Sistem karbon laut di perairan laut maluku dan laut sulawesi. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 2(3), 192-207.
- Utamy, R. M., Purba, N. P., Pranowo, W. S., & Suherman, H. (2015). The Pattern of South Equatorial Current and Primary Productivity in South Java Seas. *International Proceedings of*
- Chemical, Biological, and Environmental Engineering*, 90(24), 152–156.
- Wyrтки, K. (1961). Physical Oceanography of the South-East Asian Waters. *Naga Report*, 2, 1–195.

