

PERAMALAN KERAPATAN AIR LAUT (DENSITAS) SELAMA DUA BELAS HARI MENGGUNAKAN MODEL REGRESI: STUDI KASUS LAUT TIMOR

TWELVE DAYS FORECASTING OF SEA WATER DENSITY USING REGRESSION MODEL: CASE STUDY TIMOR SEA

Nuki Widi Asmoro¹, Widodo Setiyo Pranowo², Tri Aji¹, & Amri Rahmatullah¹

¹Prodi S2 Oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL)
Jakarta Utara, DKI Jakarta, Indonesia

²Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
DKI Jakarta, Indonesia

e-mail : nukiasmoro@gmail.com

Diterima tanggal: 20 Mei 2023 ; diterima setelah perbaikan: 14 November 2023 ; Disetujui tanggal: 15 Januari 2024

ABSTRAK

Laut Timor adalah salah satu perairan strategis yang penting untuk kegiatan pelayaran kapal selam. Informasi akurat tentang nilai densitas di perairan Laut Timor masih sangat terbatas dan sulit dilakukan secara tepat. Penelitian ini menggunakan 6 stasiun observasi yang dianggap mewakili daerah penelitian untuk melihat karakteristik sekitar daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai densitas air laut di Laut Timor dengan regresi linear menggunakan data model *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) sebagai variable independent dan data *in situ World Ocean Database* (WOD) sebagai variable dependent di lapisan permukaan, lapisan thermocline dan lapisan dalam. Komputasi yang digunakan untuk menentukan nilai densitas menggunakan persamaan TEOS-10 UNESCO yang telah diinstall di *Ocean Data View* (ODV) dan hasilnya digunakan untuk pembangunan persamaan regresi menggunakan modul *Analysis Toolpak* yang telah diinstall di Microsoft excel. Data yang digunakan meliputi posisi, kedalaman, salinitas, suhu pada kedalaman tertentu, kemudian dilakukan forecasting model secara statistika untuk memprediksi densitas air laut di Laut Timor selama 12 hari di lapisan permukaan, lapisan Termoklin dan lapisan dalam. Penelitian ini penting karena nilai densitas laut yang akurat sangat diperlukan dalam mendukung pelayaran kapal selam, terutama dalam hal navigasi dan keseimbangan hidrostatik. Hasil penelitian ini berupa nilai forecasting estimasi nilai densitas pada 3 lapisan kedalaman pada lapisan permukaan nilai tertinggi 1.021,8 kg/m³ dengan nilai rata-rata MAPE 0,25% dan lapisan Termoklin densitas tertinggi 1.024,79 kg/m³ dengan nilai rata-rata MAPE 1,65% dan laut dalam densitas tertinggi 1.032,30 kg/m³ dengan nilai rata-rata MAPE 0,021%. Diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan -oseanografi di Laut Timor.

Kata Kunci: Peramalan, nilai densitas, data model, Regresi, Laut Timor.

ABSTRACT

The Timor Sea is one of the strategically important waters for submarine navigation activities. An Accurate information on density values in the Timor Sea waters is still very limited and difficult to obtain accurately. This study used 6 observation stations to explore the water characteristics around the research area. The aim of this study was to estimate the value of seawater density in the Timor Sea using linear regression with Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) data as the independent variable and World Ocean Database (WOD) data as the dependent variable at the surface layer, thermocline layer, and deeper layers. The density values was computed by using the TEOS-10 UNESCO equation installed in Ocean Data View (ODV). The results were applied to the regression equation development using the Analysis Toolpak module installed in Microsoft Excel. The data included the position, depth, salinity, and temperature at a certain depths. Furthermore the statistical forecasting models were carried out on predicting the seawater density in the Timor Sea for 12 days at the surface layer, thermocline layer, and deeper layer. This study is important because an accurate seawater density values are essential to support submarine navigation, especially in terms of navigation and hydrostatic balance. The results of this study are the forecasting estimates of density values at 3 depth layers on the surface layer, with the highest value of 21.8 with an average MAPE value of 0.25%, on the thermocline layer, with the highest density value of 24.79 with an average MAPE value of 1.65%, and at the deeper layer, with the highest density value of 32.30 with an average MAPE value of 0.021%. This study is expected to provide a significant contribution for the development of oceanographic science in the Timor Sea.

Keywords: Forecasting, density values, data model, regression, Timor Sea.

Peramalan Kerapatan Air Laut (Densitas) Selama Dua Belas Hari Menggunakan Model Regresi: Studi Kasus Laut Timor
- Nuki Widi Asmoro, Widodo Setiyo Pranowo, Tri Aji, & Amri Rahmatullah

PENDAHULUAN

Laut Timor merupakan perairan strategis yang penting untuk kegiatan pelayaran, penelitian dan operasi kapal selam. Nilai densitas air laut sangat dibutuhkan untuk perhitungan perbandingan berat jenis massa air yang akan dimasukkan ke badan kapal selam saat bernavigasi dalam rangka mengatur keseimbangan hidrostatik kapal selam (Affandi *et al.*, 2021). Nilai densitas perairan laut dipengaruhi oleh temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (P). Distribusi vertikal densitas terhadap kedalaman berbeda dengan distribusi suhu terhadap kedalaman dimana semakin bertambah kedalaman maka nilai densitas semakin bertambah. Distribusi densitas berbanding terbalik dengan distribusi suhu namun berbanding lurus dengan distribusi salinitas (Tomczak & Godfrey., 2001).

Peramalan nilai densitas di laut Timor masih sangat terbatas dan sulit dilakukan secara tepat dengan akurasi tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pemrosesan data menggunakan metode statistik dengan informasi data oseanografi yang ada menurut (Emery & Thomson, 2001). Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai densitas di Laut Timor selama 12 hari menggunakan model regresi. penelitian ini menggunakan model persamaan statistika untuk memprediksi nilai densitas air laut di Laut Timor dengan menggunakan data model *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) sebagai variabel independen dan data *in situ World Ocean Database* (WOD) sebagai variabel dependen di lapisan permukaan, lapisan *thermocline*, dan lapisan dalam. Penelitian ini menggunakan 6 stasiun observasi yang dianggap mewakili daerah penelitian untuk melihat karakteristik sekitar daerah penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menghitung nilai densitas air laut menggunakan persamaan TEOS-10 UNESCO yang telah diinstall di *Ocean Data View* (ODV). Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk membangun persamaan regresi menggunakan modul Analisis *Toolpak* yang telah diinstall di Microsoft Excel. Data yang digunakan meliputi posisi, kedalaman, salinitas, suhu pada kedalaman tertentu. Selanjutnya, dilakukan analisis statistika untuk memprediksi nilai temperature, salinitas dan densitas air laut di Laut Timor selama 12 hari.

Artikel ini mengevaluasi keakuratan model dari CMEMS dengan data *in situ* dari WOD. Akurasi akan dianalisis berdasarkan korelasi nilai temperatur,

salinitas dan densitas. Kemudian estimasi nilai densitas berdasarkan data model (CMEMS) dilakukan pada 3 lapisan kedalaman yaitu lapisan permukaan, lapisan *thermocline* dan lapisan laut dalam dengan model regresi linear dan forecasting. Dengan uji akurasi forecasting secara statistik disajikan dalam nilai rata-rata *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan oceanographic di Laut Timor serta memberikan informasi berharga untuk mendukung pelayaran kapal selam di daerah tersebut dan menjadi landasan penting bagi penelitian kedepan.

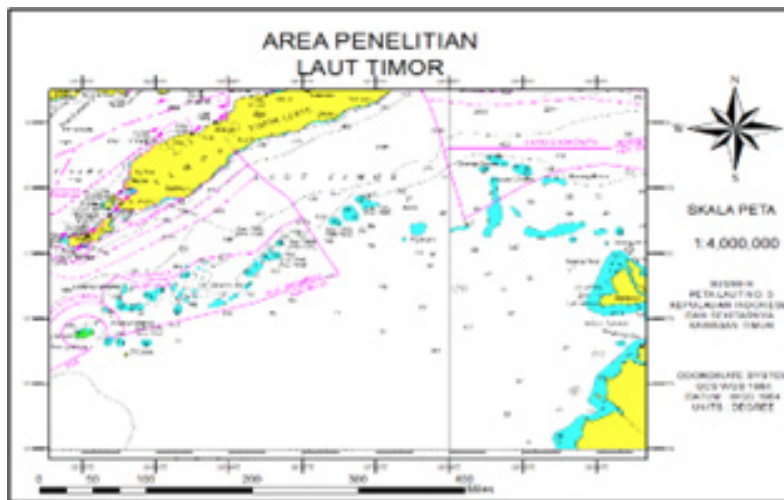
BAHAN DAN METODE

Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metodologi Penelitian kuantitatif merupakan jenis penelitian menurut paradigmanya melakukan pendekatan kuantitatif berdasarkan pandangan bahwa peneliti dapat dengan sengaja mengadakan perubahan terhadap dunia sekitar dengan melakukan berbagai eksperimen (Abdullah, 2015). Penelitian menggunakan data oseanografi yang dikumpulkan dari perairan Laut Timor. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak ODV seri 5.5.2 untuk menghitung densitas dengan cara *add derived variable* untuk menghasilkan kalkulasi densitas. Nilai densitas yang digunakan yaitu *in situ density*. Setelah mendapatkan nilai *in situ density* kemudian dilakukan eksport data kedalam bentuk txt, dari txt di jadikan excel untuk dipisahkan dari jenis lapisan kedalaman, agar mempermudah dalam analisa data. Data diamati di lapisan permukaan (4m) lapisan *Termocline* (90m) dan laut dalam (1500m).

Data yang sudah dipisahkan dalam bentuk lapisan kedalaman kemudian dilakukan analisa statistik menggunakan modul Analisis *Toolpak* yang telah diinstall di Microsoft Excel. Melakukan uji statistik korelasi antara data CMEMS dan WOD, setelah ada korelasi antara kedua data kemudian dilakukan regresi untuk mendapatkan persamaan matematika, dari persamaan matematika tersebut dilakukan forecasting selama 12 hari dengan akurasi ukuran kesalahan model prediksi menggunakan MAPE.

Tempat dan Waktu Penelitian

Untuk mengkaji nilai temperature, salinitas dan densitas wilayah yang dikaji yaitu perairan laut Timor peta laut Indonesia no 3 dengan batas koordinat peta 123° BT- 130° BT dan 9° LS- 14 °LS. Waktu pelaksanaan penelitian ini pada tahun 2023 di laboratorium hidro-



Gambar 1. Lokasi penelitian sumber dari peta laut no 3 kepulauan Indonesia dan sekitarnya Kawasan Timur dari Pushidrosal dengan skala peta 1:4000.000.

Figure 1. Research location source from marine map number 3 of the Indonesian archipelago and its surroundings, Eastern Region from Pushidrosal with a map scale of 1:4000,000.

oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL).

Dataset Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan data sejumlah 6 stasiun observasi yang dianggap mewakili area penelitian pada bulan September dan Oktober tahun 2012, dengan sumber data harian yang di peroleh dari <https://marine.copernicus.eu/> atau data CMEMS, yang merupakan data reanalisis sebagai data model mulai tanggal 27 September s.d 02 Oktober 2012 selama 6 hari, dan data bersumber dari <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-ocean-database> atau data WOD sebagai data pengamatan langsung (*in situ*) yang terkini terhitung mulai tanggal 27 September s.d 02 Oktober 2012 di perairan Laut Timor, lihat tabel 1.

gov/products/world-ocean-database atau data WOD sebagai data pengamatan langsung (*in situ*) yang terkini terhitung mulai tanggal 27 September s.d 02 Oktober 2012 di perairan Laut Timor, lihat tabel 1.

Persamaan Densitas Massa Air TEOS-10

Persamaan yang umum digunakan untuk menghitung densitas air laut dari temperatur dan salinitas adalah persamaan TEOS-10 UNESCO. Densitas air laut, ρ , merupakan fungsi dari suhu, salinitas, dan tekanan. Densitas akan meningkat seiring dengan peningkatan salinitas dan tekanan, dan menurun seiring dengan peningkatan suhu. Densitas dinyatakan dalam satuan kg/m^3 , atau kadang-kadang g/cm^3 . Para ahli oseanografi menggunakan berbagai cara yang berbeda untuk menuliskan densitas air laut, sehingga istilah anomali densitas, potensial densitas, σ_θ (dibaca sigma-teta), volume spesifik, anomali volume spesifik, atau yang lainnya. Sigma- σ , merupakan singkatan dari densitas air laut, di mana 1000 kg/m^3 telah dikurangkan. Jadi untuk $\rho = 1024,32 \text{ kg/m}^3$, $\sigma = 24,32 \text{ kg/m}^3$. Meskipun semua versi dari σ memiliki satuan kg/m^3 , sering juga ditampilkan tanpa satuan, yang merupakan hasil ketika definisi mencakup rasio densitas air laut terhadap densitas air tawar, sehingga membuat variabel tersebut tak berdimensi. (IOC, 2010). Secara visualisasi nilai densitas yang disajikan dalam plot adalah nilai σ .

$$\sigma = \sigma_{S,T,0} = \rho_{S,T,0} - 1000 \text{ Kg/m}^3 \dots\dots\dots 1)$$

Persamaan 1 digunakan dalam penghitungan densitas didalam software ODV dengan input data temperature, salinitas dan tekanan.

Tabel 1. Posisi 6 Stasiun Penelitian dari Data WOD dan CMEMS.

Table 1. Research 6 Station Positions from WOD and CMEMS Data.

Sta	Tgl/Waktu	Posisi		Data
		Lat	Lon	
1	2012-09-27T09:07	127,47154	-9,5	wod
	2012-09-27T12:00:00	127,41666	-9,58333	cmems
2	2012-09-28T02:35	127,25075	-9,3738	wod
	2012-09-28T12:00:00	127,25	-9,33333	cmems
3	2012-09-29T22:29	127,17898	-8,80089	wod
	2012-09-29T12:00:00	127,16666	-9,83333	cmems
4	2012-09-30T09:45	127,20982	-8,86549	wod
	2012-09-30T12:00:00	127,5	-9,83333	cmems
5	2012-10-01T02:07	127,29408	-9,0553	wod
	2012-10-01T12:00:00	127,25	-9,83333	cmems
6	2012-10-02T05:48	127,3416	-9,28047	wod
	2012-10-02T12:00:00	127,33334	-9,25	cmems

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Lapisan Termoklin termoklin

Menurut (Ross, 1970) lapisan thermocline didefinisikan sebagai kedalaman atau posisi dengan gradien temperatur lebih besar atau sama dengan 0,1° C/m. Berdasarkan definisi tersebut maka kedalaman batas atas dan batas bawah lapisan Termoklin dapat ditentukan.

Persamaan untuk menghitung kedalaman lapisan Termoklin menurut (Stern, 1975) adalah:

$$H = \{\Delta T / (\max \partial T(z) / \partial z)\} \dots\dots\dots 2)$$

dimana,

- H = kedalaman lapisan Termoklin
- ΔT = gradien temperatur
- $\partial T(z) / \partial z$ = perubahan temperatur terhadap kedalaman, nilai perubahan temperatur terhadap kedalaman yaitu $\geq 1^\circ \text{C/m}$

Menurut (Song, Y. Zhang, & Y. Zhou, 2007) untuk menghitung gradien temperatur vertikal berdasarkan persamaan 3.

$$G_j = \frac{T_{j+1} - T_j}{D_{j+1} - D_j} \dots\dots\dots 3)$$

dimana,

G_j = gradien temperatur antara D_j dan D_{j+1} .

Nilai gradien didapat dari persamaan tersebut setelah itu menentukan batas atas dan batas bawah lapisan thermocline dapat ditentukan. Menurut (Putra *et al.*, 2020) batas atas yaitu kedalaman minimum yang sudah terjadi perbedaan temperatur lebih besar atau sama dengan 0,1° C/m dengan kedalaman dibawahnya, sedangkan batas bawahnya adalah batas akhir yang masih terdapat perbedaan lebih besar atau sama dengan 0,1°C/m dengan kedalaman diatasnya, namun sudah tidak terjadi 0,1°C/m dengan kedalaman dibawahnya. Jika pada lapisan ini terdapat gradien temperatur yang kurang dari 0,1°C/m, maka dilihat gradien temperatur di atas dan di bawahnya, apabila di atas dan di bawahnya masih lebih besar dari 0,1°C/m maka lapisan ini tetap digabungkan sebagai lapisan termoklin.

Korelasi, Regresi dan forecasting

Menurut (Emery & Thomson, 2001) teknik analisa data Oseanografi diperlukan informasi yang spesifik agar memudahkan para peneliti dalam pengambilan, pengolahan dan analisa data, salah satu metodenya yaitu ilmu statistik agar menghasilkan penggambaran yang mendekati kevalidan data. Metode statistik diantaranya

korelasi Pearson, yaitu sebuah ukuran statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara dua variabel yang kontinu dengan skala interval atau rasio. Korelasi Pearson dapat memberikan informasi tentang seberapa kuat dan arah hubungan antara kedua variabel tersebut (Bandhari, 2022).

Persamaan korelasi Pearson

$$r = (\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})) / ((n - 1)s_x s_y) \dots\dots\dots 4)$$

dimana,

- r = koefisien korelasi Pearson antara x dan y, x
- y = variabel yang akan dikorelasikan
- \bar{x} dan \bar{y} = rata-rata dari x dan y n adalah jumlah observasi
- s_x dan s_y = standar deviasi dari x dan y

Koefisien korelasi Pearson memiliki rentang nilai antara -1 hingga 1. Nilai 1 menunjukkan hubungan linier positif yang sempurna antara kedua variabel, sementara nilai -1 menunjukkan hubungan linier negatif yang sempurna antara kedua variabel. Nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linier antara kedua variabel. Semakin dekat koefisien korelasi Pearson dengan 1 atau -1, semakin kuat hubungan linier antara kedua variabel tersebut (Bandhari, 2022).

Regresi adalah metode statistik yang digunakan untuk mempelajari hubungan antara satu atau lebih variabel independen (yang digunakan untuk memprediksi nilai variabel lain) dan variabel dependen (yang nilainya akan diprediksi). Regresi digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen yang diketahui (Bevans, 2022). Rumus regresi yang paling umum digunakan adalah persamaan regresi linier sederhana, yang dapat ditulis sebagai:

$$Y = mX + c \dots\dots\dots 5)$$

dimana,

- Y = Variabel dependen (yang akan diprediksi)
- X = Variabel independen (yang digunakan untuk memprediksi Y)
- c = *Intercept* (yaitu nilai Y ketika X = 0)
- m = *Slope* (yaitu perubahan Y ketika X berubah 1 satuan)

Dalam persamaan regresi linier sederhana, koefisien c dan m dihitung berdasarkan data yang ada, dan dapat digunakan untuk memprediksi nilai Y ketika nilai X diketahui.

Forecasting atau peramalan dalam statistik adalah proses membuat prediksi atau perkiraan mengenai peristiwa atau nilai di masa depan berdasarkan data dan tren masa lalu. Persamaan forecasting untuk model regresi linier sederhana (Fildes, 1992) dapat ditulis sebagai Persamaan 6.

$$Y_t = a + bX_t \dots\dots\dots 6)$$

dimana,

Y_t = nilai variabel yang akan diprediksi pada waktu t

X_t = nilai variabel independen pada waktu t

a = *intercept* (nilai Y ketika X=0)

b = *slope* (perubahan Y ketika X berubah satu satuan).

Uji Akurasi MAPE

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah rata-rata dari selisih persentase absolut antara nilai prediksi dan nilai yang diamati. MAPE berguna ketika ingin mengukur kesalahan relatif model prediksi, di mana nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik (Armstrong, 2001). Persamaan MAPE dihitung dengan formula pada Persamaan 7.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \times 100\% \dots\dots\dots 7)$$

dimana,

Y_t = Nilai aktual pada periode t

\hat{Y}_t = Nilai prediksi pada periode t

n = Jumlah data

Pengujian keakuratan suatu prediksi ditentukan oleh seberapa besar penyimpangan atau kesalahan data, yang terjadi antara data yang diprediksi dengan data yang sebenarnya atau data aktual (Izzah, 2017). Interpretasi dari nilai MAPE dapat ditafsirkan dalam 4 kategori data (Ababil et al., 2022) yaitu

- a. <10% = sangat akurat
- b. 10 % s.d 20% = Baik
- c. 20 % s.d 50 % = Wajar
- d. > 50% = Tidak akurat

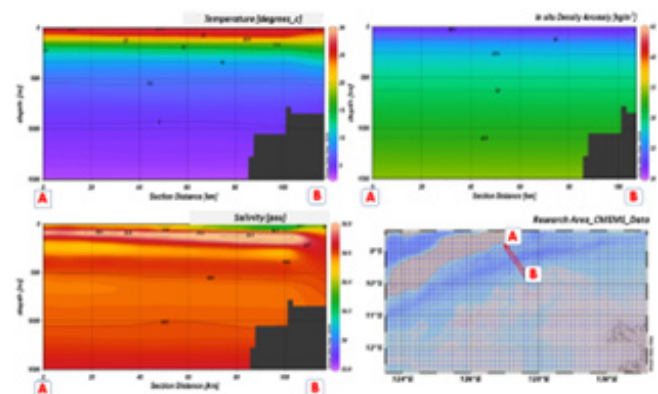
HASIL DAN PEMBAHASAN

Laut Timor secara umum memiliki kedalaman di Peta laut ~2000 meter, dimana laut Timor berada di sebelah timur Indonesia, yang terletak antara Pulau Timor, Kepulauan Nusa Tenggara dan Australia, Laut Timor juga menjadi jalur transportasi penting untuk

kapal-kapal perdagangan dan jalur pelayaran yang menghubungkan Indonesia dan Australia diantaranya kapal selam. Dalam pelayaran kapal selam untuk mengatur keseimbangan/stabilitas kapal sesuai hukum archimedes di perlukan informasi masa air tentang nilai salinitas, temperatur dan densitas agar mempermudah trim kapal saat memasukkan air ke badan kapal (usna.edu, 2010). Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data pada bulan Oktober, dimana menurut (Pranowo, 2012) di laut Timor pada bulan Oktober adalah saat masa transisi dari monsun timur menuju monsun barat. Hasil interpretasi data CMEMS dan WOD dari beberapa stasiun penelitian di tunjukkan pada gambar 2 &3, yaitu berupa profil vertikal sebagai awal analisa temperatur, salinitas dan densitas di laut Timor.

Perbandingan profile vertikal temperatur, salinitas, densitas data CMEMS dan WOD

Berdasarkan input data temperatur, salinitas dan depth dari data CMEMS dan WOD yang kemudian derivied variable dengan persamaan TEOS-10 didalam ODV didapatkan nilai densitas, ditampilkan secara *DIVA-Griding* dengan section distance dari titik A ke B sejauh 117 km pada kedalaman 1500m. Hasil dari data CMEMS berupa profil temperatur tertinggi dipermukaan mencapai 27,3 °C dan temperatur terendah 5°C pada kedalaman 1000m, nilai salinitas tertinggi yaitu 34,9 psu dikedalaman ± 100-meter, salinitas terendah yaitu 34.3 pada *section distance* 60-100 km di permukaan laut area penelitian, sedangkan untuk nilai densitas terendah yaitu 22,5 Kg/m³ dipermukaan laut dan densitas tertinggi yaitu 32,5 Kg/m³ di kedalaman sekitar 1000m.



Gambar 2. Profil Vertikal Temperatur Salinitas dan Densitas dari data CMEMS.

Figure 2. Vertical profile of temperature, salinity and density from CMEMS.

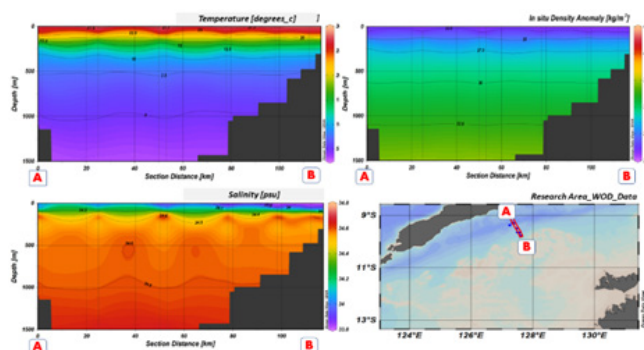
Hasil dari data WOD berupa profil temperatur tertinggi dipermukaan mencapai 27,5°C dan temperature terendah 5°C pada kedalaman 1000m, nilai salinitas tertinggi yaitu 34,6 psu di kedalaman ± 100m, salinitas terendah yaitu 33,9 pada section distance 90-100 km di permukaan laut area penelitian, sedangkan untuk nilai densitas terendah yaitu 22,5 Kg/m³ dipermukaan laut dan densitas tertinggi yaitu 32,5 Kg/m³ di kedalaman sekitar 1000m.

Berdasarkan hasil ini dapat dianalisa bahwa nilai distribusi vertikal sejalan dengan hasil penelitian (Tomczak & Godfrey., 2001) yaitu nilai densitas perairan laut dipengaruhi oleh temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (P). Distribusi vertikal densitas terhadap kedalaman berbeda dengan distribusi suhu terhadap kedalaman dimana semakin bertambah kedalaman maka nilai densitas semakin bertambah. Distribusi densitas berbanding terbalik dengan distribusi suhu namun berbanding lurus dengan distribusi.

Profile temperatur, salinitas dan densitas di area penelitian dari data CMEMS dan WOD dapat dibandingkan secara deskriptif yaitu adanya perbedaan nilai temperatur dan salinitas di lapisan permukaan, dan di kedalaman 50 s.d 1000 meter, dari hasil perbandingan nilai ini dilakukan analisa korelasi antar kedua data seberapa signifikan nilainya.

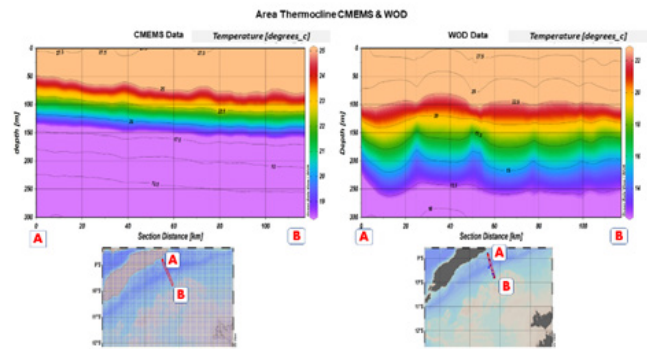
Perbandingan lapisan Termoklin CMEMS dan WOD

Secara teori, Termoklin adalah lapisan air laut di mana suhu air menurun dengan cepat seiring dengan kedalaman yang meningkat. Terdapat lapisan permanen yang luas disebut sebagai Termoklin yang berada di bawah lapisan permukaan yang relatif hangat dan bercampur sempurna, mulai dari kedalaman sekitar 200



Gambar 3. Profil Vertikal Temperatur Salinitas dan Densitas dari data WOD.

Figure 3. Vertical profile of temperature, salinity and density from WOD data.



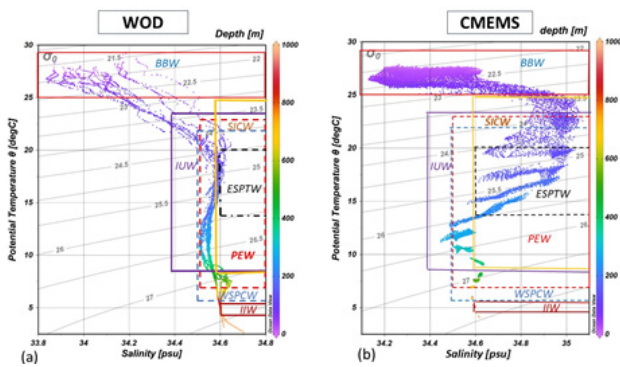
Gambar 4. Profil lapisan Termoklin secara vertikal dari data CMEMS dan WOD.

Figure 4. Vertical profile of the thermocline layer from CMEMS and WOD data.

m hingga sekitar 1.000m, di mana suhu air menurun secara stabil. Air di bawah lapisan Termoklin menurun suhunya secara lebih lambat menuju ke dasar laut. Pada wilayah-wilayah yang ditandai oleh perubahan musim yang jelas, terdapat “seasonal thermocline” pada kedalaman yang lebih dangkal yang terbentuk selama musim panas akibat pemanasan matahari, dan hilang akibat berkurangnya cahaya matahari. Densitas air ditentukan oleh suhu dan salinitas; oleh karena itu, Termoklin secara umum bersamaan dengan pycnocline, atau lapisan di mana kepadatan meningkat dengan cepat seiring dengan kedalaman dikutip dari (Britannica, 2013). Menurut (Xu *et al.*, 2006) pada penelitiannya Termoklin terjadi karena adanya perubahan temperatur secara cepat dalam suatu perairan laut.

Berdasarkan hasil pengolahan kedalaman lapisan Termoklin dari kedua data tersebut dapat dibandingkan, yaitu lapisan Termoklin CMEMS di ketahu pada kedalaman 65m s.d 155m dengan suhu minimum 18,372°C dan suhu maksimum 25,108°C, dan lapisan Termoklin dari data WOD pada kedalaman 92 s.d 260m dengan suhu minimal 12,185°C dan maksimal 22,789°C ditunjukkan pada (Gambar.4). Adanya perbedaan kedalaman lapisan Termoklin dari kedua data tersebut dikarenakan adanya perbedaan nilai temperatur dari data CMEMS sebagai data model dan nilai temperature dari data WOD.

Hasil dari data WOD kedalaman Termoklin yaitu 92 s.d 260 meter pada bulan Oktober sejalan dengan penelitiannya (Andreasen & A. C. Ravelo, 1997) disebutkan lapisan Termoklin posisi isothermal 18°C di Laut Timor adalah ~170 m, sesuai dengan rentang kedalaman di mana suhu air berubah paling cepat.



Gambar 5. Kurva TS (a) dari data WOD dan (b) dari data CMEMS.

Figure 5. TS curves (a) from WOD data and (b) from CMEMS data.

Hasil dari plot kurva TS menurut metode (Emery, 2003) pada gambar 5 menunjukkan bahwa adanya Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) di daerah penelitian baik dari data CMEMS dan WOD.

Massa air dari samudera Pasifik melewati perairan Indonesia termasuk di laut Timor menuju Samudera Hindia (Sprintall *et al.*, 2003) Informasi adanya massa air dari samudera pasifik yaitu bahwa ada massa air ARLINDO yg lewat selat Timor dan massa air samudera pasifik lewat Tasman dan lewat selat Torres (Sebille *et al.*, 2014). Berdasarkan kurva TS data WOD dan data CMEMS gambar 5 menunjukkan bahwa di wilayah penelitian pada lapisan 0-500m terdapat masa air dari samudera Pasifik diduga yaitu PEW (*Pacific Equatorial Water*), diduga terdapat massa air ESPTW (*Eastern South Pacific Transition Water*), diduga WSPCW (*Western South Pacific Central*) melewati selat Torres. Terdapat juga massa air yaitu IUW (*Indonesian Upper Water*) dan ada SICW (*South Indian Central Water*) dimana menurut penelitian (Wijffels *et al.*, 2002) SICW yaitu dianggap adanya massa air yang bocor dari timur samudera Hindia ke kepulauan Indonesia. Pada lapisan 500-1000m, terdapat massa air IIW cukup kecil (*Indonesian Intermediate Water*).

Dan diduga BBW (*Bengal Bay Water*) seperti pada penelitian (Drushka *et al.*, 2010).

Korelasi Antara Data Model CMEMS dan In situ WOD

Nilai korelasi merupakan alat statistik penting dalam analisis data untuk menentukan derajat asosiasi antara dua variabel. Korelasi membantu peneliti untuk mengidentifikasi pola dan hubungan dalam data dan membuat prediksi tentang hasil yang akan datang. Pentingnya mengetahui nilai korelasi dapat membantu memahami hubungan antara dua variabel, analisis data dan dapat memberikan wawasan penting tentang pola dan tren dalam data. Dalam ilmu statistika, nilai korelasi merujuk pada ukuran numerik dari kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel. Rentang nilai korelasi adalah -1 hingga 1, di mana -1 menunjukkan korelasi negatif sempurna, 0 menunjukkan tidak ada korelasi, dan 1 menunjukkan korelasi positif sempurna (Hayes, 2022).

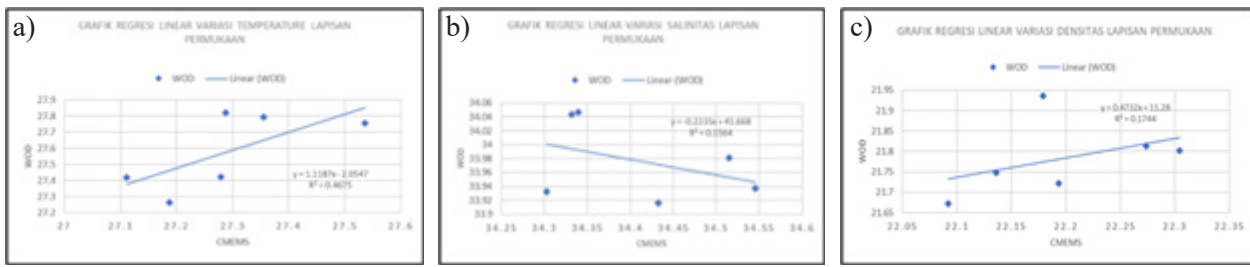
Hasil dari perhitungan korelasi antara data CMEMS dan WOD ditunjukkan dalam Tabel 2 dengan menggunakan rumus korelasi Pearson pada persamaan 4 di area lapisan permukaan, lapisan termoklin dan laut dalam, dari 8 stasiun pengamatan pada posisi, tanggal, bulan tahun yang sama. Lapisan permukaan yang disebut sebagai lapisan kompleks dan dinamis serta memainkan peran penting dalam membentuk iklim planet dan berbagai jenis kehidupan laut, lapisan permukaan tersebut dapat dibagi menjadi beberapa zona yang berbeda berdasarkan suhu dan salinitas. Suhu permukaan laut bervariasi tergantung pada lokasi, musim, dan waktu hari. Di daerah tropis, suhu permukaan laut dapat mencapai 30°C (Rugg *et al.*, 2016).

Nilai korelasi antara CMEMS dan WOD di lapisan permukaan laut untuk temperatur sebesar 0,7322, salinitas sebesar -0,3609 menunjukkan korelasi negative, dan densitas sebesar 0,3697. Dari ketiga

Tabel 2. Hasil perhitungan korelasi CMEMS dan WOD di tiga lapisan kedalam, delapan stasiun pengamatan
Table 2. Results of correlation calculations between CMEMS and WOD in three depth layers, and eight observation stations

NO	AREA PENELITIAN	NILAI KORELASI		
		TEMPERATUR	SALINITAS	DENSITAS
1	Lapisan Permukaan	0,7322	-0,3609	0,3697
2	Lapisan termoklin	0,7720	-0,1115	0,7814
3	Lapisan Dalam	0,9980	-0,9624	0,9999

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.



Gambar 6. model regresi linear variasi temperatur (a), salinitas (b) dan densitas (c) di lapisan permukaan.
 Figure 6. Linear regression model of variations in temperature (a), salinity (b) and density (c) in the surface layer.

nilai korelasi ini tersebut yang kuat antar hubungan 2 variabel data yaitu temperature, sedangkan nilai korelasi salinitas dan densitas cukup rendah. Hal ini dapat disebabkan perbedaan nilai ukur salinitas antara data CMEMS dan WOD, dimana CMEMS merupakan data model sedangkan data WOD adalah data pengamatan langsung. Untuk nilai korelasi pada area termoklin temperatur sebesar 0,772, salinitas sebesar -0,1115 menunjukkan korelasi negatif, dan densitas sebesar 0,7814. Dari ketiga nilai korelasi ini tersebut yang kuat antar hubungan 2 variabel data yaitu temperature dan densitas sedangkan nilai korelasi salinitas cukup rendah.

Penghitungan korelasi di laut dalam yaitu pada kedalaman 1000-meter dimana menurut (NOAA, 2018) laut dalam adalah wilayah laut yang luas dan sebagian besar belum dijelajahi tidak terkena sinar matahari. Laut dalam juga dikenal sebagai zona abyssal, dimulai pada kedalaman 200 meter dan membentang hingga dasar laut, yang dapat mencapai kedalaman lebih dari 11.000m. Hasil korelasi temperatur dilaut dalam sebesar 0,9980, salinitas sebesar -0,9624 menunjukkan korelasi negative, dan densitas sebesar 0,9999. Dari ketiga nilai korelasi ini tersebut dilaut dalam sangat kuat yang mendekati nilai 1, hal ini kemungkinan disebabkan adanya kesamaan nilai antara data model CMEMS dan WOD.

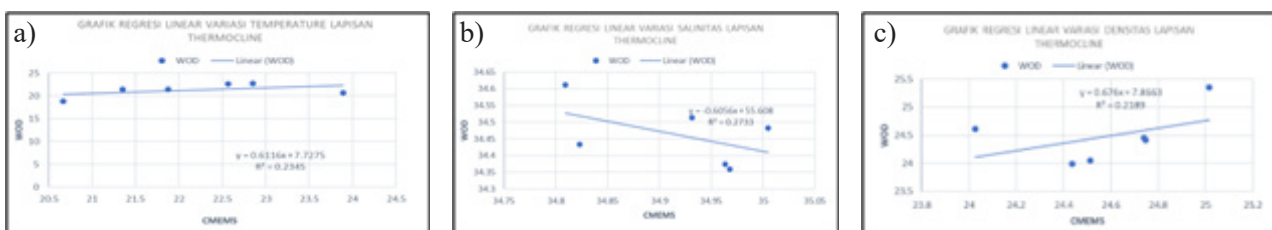
3.4 Regresi Linear Antara Data Model CMEMS dan In situ WOD

Regresi linear sebagai metode statistik yang digunakan

untuk menetapkan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen, dimana metode ini cocok untuk melakukan prediksi atau peramalan antara 2 atau lebih variable data oceanography, dengan keterbatasannya sistem pengamatan data sedikitnya data lapangan (Emery & Thomson, 2001), namun untuk melakukan regresi linear, berbagai asumsi harus dipenuhi seperti linearitas, independensi, normalitas, varians yang sama.

Persamaan untuk regresi linear sederhana direpresentasikan pada persamaan 5 di mana y yaitu data WOD adalah variabel dependen, x adalah data CMEMS sebagai variabel independen, m adalah kemiringan garis, dan c adalah titik potong garis. Kemiringan mewakili seberapa banyak y berubah ketika x berubah satu unit, dan titik potong mewakili nilai y ketika x sama dengan nol. Hasil pengolahan regresi linear antara CMEMS dan WOD di representasikan dengan grafik regresi linear variasi temperature, salinitas dan densitas

Model regresi di lapisan permukaan ditunjukkan pada Gambar 6, untuk temperatur gambar 6 (a) didapatkan persamaan matematik $y=1,1187x - 2,954$ dengan $R^2=0,4675$, salinitas gambar 6 (b) didapatkan persamaan $y=-0,2235x+41,668$ dengan $R^2= 0,1564$ dan densitas gambar 6 (c) didapatkan persamaan $y=0,4732x+11,28$ dengan $R^2= 0,1744$. model-model regresi dilapisan permukaan ini menunjukkan hubungan fungsional antara variabel independen dan variabel dependen, hubungan ini cukup lemah karena



Gambar 7. model regresi linear variasi temperatur (a), salinitas (b) dan densitas (c) di lapisan Termoklin.
 Figure 7. Linear regression model of variations in temperature (a), salinity (b) and density (c) in the thermocline layer.

koefisien determinasi yang rendah.

Model regresi dilapisan Termoklin ditunjukkan Gambar 7, temperatur gambar 6a didapatkan persamaan matematik $y=0,6116x+7,7275$ dengan $R^2=0,2345$, salinitas Gambar 6b didapatkan persamaan $y=-0,6056x+55,608$ dengan $R^2=0,2733$, densitas gambar 7c didapatkan persamaan $y=0,676x+7,8663$ dengan $R^2=0,2189$. model-model regresi di lapisan Termoklin ini menunjukkan hubungan fungsional antara variabel independen dan variabel dependen, hubungan ini cukup lemah karena koefisien determinasi yang rendah.

Model regresi dilapisan dalam pada Gambar 8, persamaan matematik temperatur Gambar 8a didapatkan persamaan $y=0,9219x+0,5162$ dengan $R^2=0,9993$, salinitas Gambar 8b didapatkan persamaan $y=-0,9376x+67,042$ dengan $R^2=0,9032$ dan densitas pada Gambar 8c didapatkan persamaan $y=0,9992x+0,0053$ dengan $R^2=1$

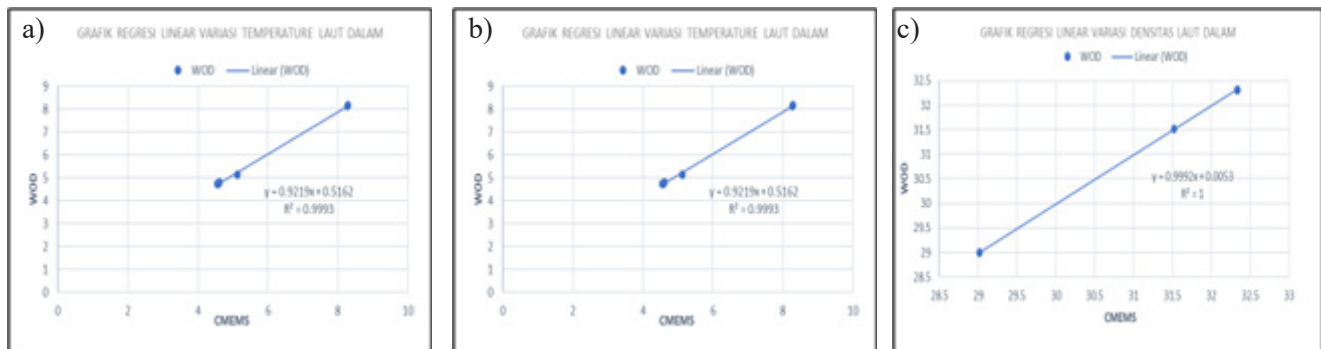
Model regresi di lapisan dalam ini menunjukkan adanya hubungan fungsional antara variabel independen dan variabel dependen, koefisien determinasi (R^2) menunjukkan seberapa baik model dapat menjelaskan variasi dalam data, di mana nilai R^2 mendekati 1.0 menunjukkan bahwa model sangat cocok dengan data.

Nilai forecasting temperatur, salinitas dan Densitas
Hasil dari *forecasting* temperatur, salinitas dan densitas

dilaksanakan selama 12 hari yaitu tanggal 3 oktober s.d 14 Oktober, dimana *forecasting* selama 12 hari adalah waktu umum digunakan dalam sebuah ramalan sub-musiman yaitu 1 sampai 2 minggu (Moron *et al.*, 2019). Nilai *forecasting* temperatur didapatkan dari data awal yaitu data WOD selama 6 hari ditunjukkan tabel 3 mulai dari tanggal 27 September s.d 02 Oktober. Dalam penelitian (Wyrki, 1962) antara Jawa dan Australia terjadi upwelling yang disebabkan pergerakan arus katulistiwa dengan distribusi temperatur sangat fluktuatif hingga kedalaman 200m.

Hasil dari *forecasting* temperatur ditunjukkan dalam Tabel 4 selama 12 hari prediksi yaitu mulai tanggal 3 oktober s.d 14 oktober, nilai temperatur tertinggi di lapisan permukaan (4m) dan nilai temperatur terendah di lapisan Dalam (1000m)

Dengan membandingkan data awal pengamatan (Tabel 3) dengan hasil prediksi (Tabel 4), dapat melihat perubahan suhu yang diprediksi selama periode yang dianalisis (3 Oktober hingga 14 Oktober 2012). Lapisan Permukaan, terjadi peningkatan suhu dari data awal pada tanggal 2 Oktober (27,80°C) menjadi 27,88°C pada tanggal 3 Oktober. Suhu terus naik hingga mencapai puncaknya pada tanggal 14 Oktober (28,60°C). Pada lapisan Termoklin, dari data awal menunjukkan fluktuasi suhu yang signifikan di lapisan ini. Pada tanggal 3 Oktober, terjadi penurunan suhu dari 18,82°C (data awal) menjadi 19,51°C (hasil prediksi).



Gambar 8. model regresi linear variasi temperatur (a), salinitas (b) dan densitas (c) lapisan dalam.
Figure 8. Linear regression model of variations in temperature (a), salinity (b) and density (c) of the inner layer.

Tabel 3 . Data awal nilai temperatur pengamatan WOD di 3 lapisan kedalaman
Table 3. Initial data of WOD temperature observation values at 3 depth layers

TYPE	WOD (TEMPERATUR IN SITU) DALAM SATUAN (°C)					
Tanggal/Bulan	27 sept	28 sept	29 sept	30 sept	1 okt	2 okt
Lapisan Permukaan	27,42	27,42	27,26	27,82	27,76	27,80
Lapisan Termoklin	21,46	20,69	22,60	22,79	21,47	18,82
Lapisan dalam	5,16	4,74	8,14	8,17	4,80	4,76

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Tabel 4. Hasil nilai forecasting temperatur tanggal 03 s.d 14 Oktober tahun 2012
 Table 4. Forecast results of temperature values from October 03 to October 14, 2012

TYPE	WOD' (PREDIKSI TEMPERATUR) DALAM SATUAN (°C)											
	3 okt	4 okt	5 okt	6 okt	7 okt	8 okt	9 okt	10 okt	11 okt	12 okt	13 okt	14 okt
Tanggal/Bulan	3 okt	4 okt	5 okt	6 okt	7 okt	8 okt	9 okt	10 okt	11 okt	12 okt	13 okt	14 okt
Lapisan Permukaan	27.88	27.77	27.93	27.86	27.93	28.20	28.24	28.11	28.29	28.22	28.30	28.60
Lapisan Termoklin	19.51	20.40	22.08	20.01	22.19	21.98	19.66	20.20	21.23	19.97	21.30	21.17
Lapisan dalam	4.82	4.75	4.84	4.76	4.76	4.85	4.96	4.89	4.98	4.91	4.91	4.99

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Selanjutnya, suhu kembali meningkat pada 5 Oktober (22,08°C), dan fluktuasi suhu berlanjut hingga tanggal 14 Oktober (21,17°C).

Pada lapisan Dalam, data awal menunjukkan fluktuasi suhu yang signifikan pada lapisan ini juga terjadi fluktuasi suhu yang cukup besar mulai dari 4,74°C pada tanggal 28 September hingga 8,17°C pada tanggal 30 September. Setelah itu, suhu kembali menurun dan berfluktuasi antara 4,74°C dan 4,99°C hingga tanggal 14 Oktober, Hasil perhitungan uji akurasi nilai rata rata MAPE data prediksi dengan data insitu yaitu temperature lapisan permukaan 0,53 %, lapisan Termoklin 5,09 %, lapisan dalam 0,6%, sehingga hasil uji akurasi model temperature <10% sangat akurat. Adanya fluktuasi ini bisa disebabkan adanya pergerakan arus katulistiwa seperti pada penelitian (Wyrki, 1962). Dugaan fluktuasi temperatur juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perubahan cuaca atau kondisi atmosfer pada bulan penelitian. Hasil nilai forecasting mendekati nilai dari penelitian (Safitri *et al.*, 2012), dimana nilai rata-rata temperatur pada musim timur lebih rendah (26,84°C) daripada saat musim barat,

yaitu sebesar 29,6°C.

Hasil *forecasting* Salinitas didapatkan dari data awal pengamatan WOD selama 6 hari mulai tanggal 27 september s.d 02 Oktober pada tiga lapisan kedalaman, ditunjukkan dalam Tabel 5, data awal menunjukkan bahwa salinitas tertinggi pada lapisan dalam (1000m) dengan nilai salinitas tanggal 27 September dan tanggal 02 Oktober sebesar 34,60 Psu, dan salinitas terendah pada lapisan permukaan tanggal 27 september sebesar 33,92 Psu.

Berdasarkan dari data awal didapatkan nilai forecasting salinitas ditunjukkan dalam Tabel 6 selama 12 hari yaitu mulai tanggal 03 Oktober s.d 14 Oktober. Hasil *forecasting* nilai salinitas tertinggi berada di lapisan Dalam (1000m) sebesar 34,60 Psu dan salinitas terendah pada lapisan permukaan sebesar 33,94 Psu.

Dengan membandingkan data awal pengamatan (Tabel 5) dengan hasil prediksi (Tabel 6), dapat melihat perubahan salinitas yang diprediksi selama periode yang dianalisis (3 Oktober hingga 14 Oktober 2012).

Tabel 5. Data awal nilai salinitas pengamatan WOD di 3 lapisan kedalaman
 Table 5. Initial data of observed WOD salinity values in 3 depth layers

TYPE	WOD (SALINITAS IN SITU) DALAM SATUAN (Psu)					
	27 sept	28 sept	29 sept	30 sept	1 okt	2 okt
Tanggal/Bulan	27 sept	28 sept	29 sept	30 sept	1 okt	2 okt
Lapisan Permukaan	33,92	33,4	34,05	34,04	33,98	33,93
Lapisan Termoklin	34,48	34,51	34,38	34,36	34,43	34,61
Lapisan dalam	34,60	34,60	34,58	34,58	34,60	34,60

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Tabel 6. hasil nilai forecasting salinitas tanggal 03 s.d 14 Oktober tahun 2012
 Table 6. Forecast results of salinity values from October 03 to October 14, 2012

TYPE	WOD' (PREDIKSI SALINITAS) DALAM SATUAN (Psu)											
	3 okt	4 okt	5 okt	6 okt	7 okt	8 okt	9 okt	10 okt	11 okt	12 okt	13 okt	14 okt
Tanggal/Bulan	3 okt	4 okt	5 okt	6 okt	7 okt	8 okt	9 okt	10 okt	11 okt	12 okt	13 okt	14 okt
Lapisan Permukaan	33,94	34,01	33,94	34,01	34,01	33,96	34,08	34,07	34,08	34,07	34,07	34,08
Lapisan Termoklin	34,63	34,50	34,51	34,49	34,63	34,52	34,64	34,71	34,71	34,72	34,63	34,70
Lapisan dalam	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Tabel 7. Data awal nilai densitas pengamatan WOD di 3 lapisan kedalaman
 Table 7. Initial data of observed WOD density values in 3 depth layers

TYPE	WOD (DENSITAS IN SITU) DALAM SATUAN (Kg/m ³)					
	27 sept	28 sept	29 sept	30 sept	1 okt	2 okt
Tanggal/Bulan						
Lapisan Permukaan	21,81	21,80	21,94	21,75	21,72	21,67
Lapisan Termoklin	24,46	24,62	24,06	23,99	24,42	25,35
Lapisan dalam	31,52	32,31	29,00	29,00	32,30	32,31

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

Lapisan Permukaan, terjadi peningkatan salinitas dari data awal pada tanggal 2 Oktober (33,94 Psu) menjadi 33,94 Psu pada tanggal 3 Oktober. Salinitas sangat fluktuatif, dengan nilai salinitas tertinggi lapisan permukaan pada tanggal 9 dan 14 Oktober (34,08 Psu). Pada lapisan Termoklin, dari data awal menunjukkan fluktuasi salinitas yang signifikan di lapisan ini. Pada tanggal 3 Oktober, terjadi kenaikan salinitas dari 34,61 Psu (data awal) menjadi 34,63 Psu (hasil prediksi). Selanjutnya, salinitas cenderung menurun, kembali meningkat pada tanggal 9 Oktober (34,64 Psu), dan fluktuasi salinitas berlanjut hingga tanggal 14 Oktober (34,70 Psu). Pada lapisan Dalam, data awal tidak menunjukkan fluktuasi salinitas yang signifikan pada lapisan ini yaitu dari data awal 34,60 Psu pada tanggal 2 Oktober, dari hasil prediksi nilai salinitas tidak berubah dari tanggal 3 Oktober hingga tanggal 14 Oktober sebesar 34,60 Psu. Hasil perhitungan uji akurasi nilai rata-rata MAPE data prediksi Salinitas lapisan permukaan 0,13%, lapisan Termoklin 0,21%, lapisan dalam 0,009%, sehingga hasil uji akurasi model salinitas <10 % itu sangat akurat. Fluktuasi salinitas di permukaan laut timor antara 33,60 Psu s.d 33,80 Psu dengan rentang salinitas dibawah Termoklin rentang 34,30 Psu s.d 34,60 Psu sesuai dengan karakteristik arus lintas Indonesia yang di dominasi perairan utara pasifik (Molcard *et al.*, 1996), hasil dari forecasting salinitas mendekati nilai dari penelitian (Alongi *et al.*, 2013) tentang upwelling arus lintas Indonesia di Laut Timor.

Nilai densitas disuatu perairan laut sangat dipengaruhi oleh parameter temperatur dan salinitas, perubahan nilai

densitas dapat membangkitkan arus di laut (Brown *et al.*, 2004), wilayah penelitian Laut Timor merupakan laut yang dilewati arus arlindo. Hasil *forecasting* Densitas didapatkan dari data awal pengamatan WOD selama 6 hari mulai tanggal 27 september s.d 02 Oktober pada tiga lapisan kedalaman, ditunjukkan dalam Tabel 7 nilai densitas didapatkan dari perhitungan TEOS 10 dengan input temperatur, salinitas dan tekanan. Data awal menunjukkan bahwa densitas tertinggi pada lapisan dalam (1000m) di tanggal 28 September sebesar 32,31 Kg/m³, dan densitas terendah pada lapisan permukaan yaitu tanggal 02 Oktober sebesar 21,67 Kg/m³.

Hasil nilai forecasting densitas ditunjukkan pada tabel 8 selama 12 hari yaitu mulai tanggal 03 Oktober s.d 14 Oktober. Hasil forecasting nilai densitas tertinggi berada di lapisan Dalam (1000m) sebesar 32,31 Kg/m³ dan densitas terendah pada lapisan permukaan sebesar 21,54 Kg/m³

Berdasarkan penelitian (Yuliardi *et al.*, 2022) yang menyatakan bahwa lapisan permukaan timur arlindo memiliki rentang nilai densitas 10-22 Kg/m³, kedalaman 250m memiliki rentang nilai 25,5-27 Kg/m³ dan kedalaman 500m dengan rentang nilai 26-27 Kg/m³. Dengan membandingkan data awal pengamatan (Tabel 6) dengan hasil prediksi (Tabel 7), dapat melihat perubahan densitas yang diprediksi selama periode yang dianalisis (3 Oktober hingga 14 Oktober 2012). Lapisan Permukaan, terjadi peningkatan densitas signifikan dari data awal pada tanggal 2 Oktober (21,67 kg/m³) menjadi 21,80 Kg/m³ pada tanggal 3 Oktober. Densitas sangat fluktuatif, dengan nilai

Tabel 8. hasil nilai forecasting densitas tanggal 03 s.d 08 Oktober tahun 2012
 Table 8. Forecast results of density values from October 03 to October 14, 2012

TYPE	WOD' (PREDIKSI DENSITAS) DALAM SATUAN (Kg/m ³)											
	3 okt	4 okt	5 okt	6 okt	7 okt	8 okt	9 okt	10 okt	11 okt	12 okt	13 okt	14 okt
Tanggal/Bulan												
Lapisan Permukaan	21,80	21,70	21,80	21,69	21,68	21,73	21,60	21,55	21,59	21,54	21,54	21,56
Lapisan Termoklin	24,94	24,79	24,10	24,91	24,00	24,12	24,73	24,62	24,16	24,71	24,09	24,17
Lapisan dalam	32,30	32,31	32,30	32,31	32,31	32,30	32,28	32,29	32,28	32,29	32,29	32,28

Sumber: hasil analisis pada penelitian ini.

densitas tertinggi lapisan permukaan pada tanggal 3 dan 5 Oktober (21,80 Kg/m³). Pada lapisan Termoklin, dari data awal menunjukkan fluktuasi densitas yang signifikan di lapisan ini. Pada tanggal 3 Oktober, terjadi penurunan densitas cukup signifikan dari 25,35 Kg/m³ (data awal) menjadi 24,94 Kg/m³ (hasil prediksi). Selanjutnya, densitas mengalami fluktuasi, menurun drastis pada tanggal 7 Oktober (24,00 Kg/m³), dan fluktuasi densitas berlanjut hingga tanggal 14 Oktober (24,17 Kg/m³). Pada lapisan Dalam, data awal tidak menunjukkan fluktuasi densitas yang signifikan pada lapisan ini yaitu dari data awal 32,31 Kg/m³ pada tanggal 2 Oktober turun menjadi 32,30 Kg/m³ pada tanggal 3 Oktober, dari hasil prediksi nilai densitas cukup fluktuatif namun tidak ada perubahan signifikan dari tanggal 3 Oktober hingga tanggal 14 Oktober. Secara keseluruhan hasil forecasting nilai temperatur, salinitas dan densitas di area penelitian ini sejalan dengan pengamatan dari ATSEA Cruise tahun 2010 di Laut Timor (ATSEA, 2010). Hasil dari perhitungan uji akurasi nilai rata-rata MAPE densitas dilapisan permukaan 0,25%, Termoklin 1,66%, lapisan dalam 0,021%, sehingga nilai akurasi model densitas <10% disebut sangat akurat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini dapat disimpulkan, interpretasi plot profil vertikal untuk temperatur, salinitas dan densitas lebih nyata data in situ yang diperoleh dari data WOD dibandingkan dengan data CMEMS. Informasi adanya massa air dari samudera pasifik yaitu bahwa ada massa air ITF yg lewat selat Timor dan massa air samudera pasifik lewat Tasman dan diduga lewat selat Torres, Data kurva TS menunjukkan keberadaan diduga PEW, ESPTW, dan WSPCW. Selain itu, ada IUW dan SICW, yang dianggap massa air dari Samudera Hindia. terdapat IIW yang jumlahnya kecil, serta terdapat massa air BBW. Hasil analisa korelasi menggunakan Pearson didapatkan nilai hubungan linear positif yang sempurna yaitu di lapisan laut dalam yaitu nilai korelasi temperatur 0,9979, salinitas -0,9624 dan densitas 0,999, sedangkan nilai hubungan yang kurang sempurna dengan nilai kurang dari 0,5 yaitu salinitas di lapisan permukaan sebesar -0,3609 dan lapisan termoklin sebesar -0,112 serta nilai densitas di lapisan permukaan sebesar 0,3697. Regresi linear nilai densitas antara CMEMS dengan WOD lapisan permukaan dan lapisan termoklin tidak signifikan, kemudian nilai signifikan yang mendekati 1 adalah di area lapisan laut dalam. Estimasi nilai densitas berdasarkan data model (CMEMS) didapatkan nilai densitas pada 3 lapisan kedalaman yaitu lapisan permukaan nilai tertinggi

1.021,8 Kg/m³ dengan nilai rata-rata MAPE 0,25% dan lapisan termoklin densitas tertinggi 1.024,79 Kg/m³ dengan rata-rata MAPE 1,65% dan laut dalam densitas tertinggi 1.032,30 kg/m³ dengan MAPE 0,021%. Untuk penelitian kedepan diperlukan data in situ dalam waktu *time series* yang lama dengan memasukkan variabel-variabel lain yang mempengaruhi temperatur dan salinitas seperti faktor perubahan cuaca, arus dan lainnya, serta perlu melakukan validasi data hasil *forecasting* pada bulan oktober disaat perubahan moonson.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya seluruh kegiatan penelitian sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababil, O. J., Wibowo, S., & Zahro, H. (2022). Penerapan metode regresi linear dalam prediksi penjualan liquid Vape di Toko Vapor Pandaan berbasis website. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 186-195.
- Abdullah, P. M. (2015). Metodologi Penelitian Kuantitatif. Banjarmasin: Aswaja Presindo.
- Affandi, A., Pranowo, W. S., Surya, A. A., Sukoco, N. B., & Adriyanto, D. (2021). Variabel Insitu Density Anomaly Untuk Aplikasi Fusi. *Jurnal Hidropilar*, <https://doi.org/10.37875/hidropilar.v7i1.200>.
- Alongi, D. M., Brinkman, R., Trot, L., da Silva, F., Pereira, F., & Wagey, T. (2013). Enhanced benthic response to upwelling of the Indonesian Throughflow onto the southern shelf of Timor-Leste, Timor Sea. *Journal Of Geophysical Research: Biogeosciences*, 118, 158–170.
- Andreasen, D. J., & A. C. Ravelo. (1997). *Tropical Pacific Ocean thermocline depth reconstructions for the Last Glacial Maximum*. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, Pages 395-413.
- Armstrong, J. S. (2001). Evaluating Forecasting Methods. Diambil kembali dari <https://repository.upenn.edu/>
- ATSEA. (2010). ATSEA Cruise Report. S. Wirasantosa, T.

- Bandhari, P. (2022). Correlation Coefficient | Types, Formulas & Examples. Diambil kembali dari <https://www.scribbr.com/statistics/correlation-coefficient/> (5 Desember 2022).
- Bevans, R. (2022). Simple Linear Regression | An Easy Introduction & Examples. Diambil kembali dari <https://www.scribbr.com/statistics/simple-linear-regression/> (5 November 2022).
- Britannica, T. E. (2013). Diambil kembali dari Britannica, The Editors of Encyclopaedia. “thermocline”. : <https://www.britannica.com/science/thermocline> (6 Maret 2013)
- Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J. (2004). *Ocean Circulation, Ed.2*, The Open. University, Milton Keynes. 286 pp.
- Drushka, K., Janet Sprintall, & Sarah T. Gille. (2010). Vertical Structure of Kelvin Waves in the Indonesian Throughflow Exit Passages. American Meteorological Society, 1965-1987.
- Emery, W. J. (2003). Water Types And Water Masses. *Ocean Circulation*, 1556.
- Emery, W. J., & Thomson, R. e. (2001). *Data Analysis Methods In Physical Oceanography*. Boulder: Elsevier.
- Fildes, R. (1992). The evaluation of extrapolative forecasting methods. *International Journal of Forecasting* 8 (1992) North-Holland, 81-89.
- Hayes, A. (2022). Diambil kembali dari <https://www.investopedia.com/terms/c/correlation.asp> (4 Juli 2022)
- IOC, S. a. (2010). *The international thermodynamic equation of sea water-2010, calculation and use of the thermodynamic properties*. intergovernmental oceanographic commission, maunal and guide n0 56. UNESCO, English.
- Izzah, A. (2017). Prediksi harga saham menggunakan improved multiple linear regression untuk pencegahan data outlier. *Kinetik*, 2(3), 141-149.
- Molcard, R., Fieux, M., & Ilahude, A. G. (1996). The Indo-Pacific throughflow in the Timor Passage. *J. Geophys. Res.*, 101, 12411–12420.
- Moron, V., Robertson, A., & Lei Wang . (2019). Weather Within Climate: Sub-seasonal Predictability of Tropical Daily Rainfall Characteristics. *elsevier Sub-Seasonal to Seasonal Prediction*, 47-64.
- Moron, V., Robertson, A., & Wang, L. (2019). Sub-Seasonal Spatial Coherence And Predictability Of Tropical Daily Rainfall Characteristics, 48-64.
- NOAA. (2018). Diambil kembali dari <https://ocean.si.edu/ecosystems/deep-sea/deep-sea> (April 2018)
- Pranowo, W. S. (2012). Dinamika Upwelling dan Downwelling di Laut Arafuru dan Timor. *Widyariset*, 15(2).
- Putra, T. W., Kunarso, A, & Rita Tisisana Dwi K. (2020). Distribusi Suhu, Salinitas Dan Densitas Di Lapisan Homogen Dan Termoklin Perairan Selat Makasar. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2).
- Ross, D. (1970). *Introduction to Oceanography*. Prentice-Hall Inc, USA.
- Rugg, A., Foltz, G. R., & Perez, R. C. (2016). Role of Mixed Layer Dynamics in Tropical North Atlantic Interannual Sea Surface Temperature Variability. *American Meteorology Science*, pages 8083-8101. Diambil kembali dari <https://education.nationalgeographic.org/resource/surface-water/>
- Safitri, M., Cahyarini, S., & Putri, M. (2012). Variasi Arus Arlindo Dan Parameter Oseanografi Di Laut. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 369-377.
- Sebille, E. v., Janet Sprintall, Franziska U. Schwarzkopf, Alex Sen Gupta, Agus Santoso, Matthew H. England., Biastoch, A., & Claus W. Boning. (2014). Pacific-to-Indian Ocean connectivity: Tasman leakage Indonesian Throughflow, and the role of ENSO. *Journal of Geophysical Research :Ocean*, 1365-1382.
- Song, L., Y. Zhang, & Y. Zhou. (2007). The Relationship Between the Thermocline and the Catch Rate of Thunnus obesus in the Tropical Areas of the

Indian Ocean., (hal. 1-13.).

- Sprintall, J., Potemra, J. T., Hautala, S. L., Bray, N. A., & Pandoe, W. W. (2003). Temperature and salinity variability in the exit passages of the Indonesian Throughflow. *Deep-Sea Research II*, 50(12-13), 2183–2204.
- Stern, M. I. (1975). *Ocean Circulation*. New York: Physics Academic Press.
- Tomczak, M., & J. S. Godfrey. (2001). *Regional Oceanography : An Introduction*. Butler & Tanner Ltd.,
- usna.edu. (2010). course objective chapter 10. Diambil kembali dari <https://www.usna.edu/NAOE/files/documents/Courses/EN400/02.10%20Chapter%2010.pdf>
- Wijffels, S., Sprintall, J., Fieux, M., & Bray, N. (2002). The JADE and WOCE I10/IR6 Throughflow sections in the southeast Indian Ocean. Part 1: water mass distribution and variability. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(7–8), 1341-1362.
- Wyrtki, K. (1962). *The upwelling in the region between Java and Australia during the South East Monsoon*. Division of Fisheries and Oceanography, C.S.I.R.O., Cronulla, N.S.W, 217-225.
- Xu, J., Kuhnt, W., Holbourn, A., Andersen, N., & Bartoli, G. (2006). Changes in the vertical profile of the Indonesian Throughflow during Termination II: Evidence from the Timor Sea. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 21(4).
- Yuliardi, A. Y., Prayogo, L., & Joesidawati, M. (2022). Dinamika Distribusi Spasial-Vertikal Massa Air di Jalur Barat dan Timur Arlindo. *Jurnal Miyang (J.Miy): Ronggolawe Fisheries and Marine Science Journal*, 2(2), 1 - 9.