

BAB III

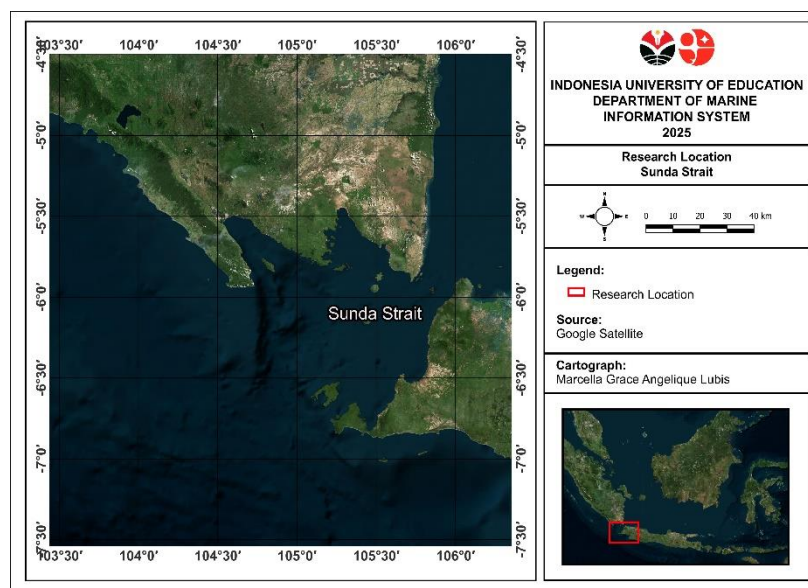
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan/Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitik untuk menggambarkan hasil asimilasi data angin di Selat Sunda, yang juga mendukung analisis melalui perhitungan matematis, seperti ETKF dan RMSE. Metode penelitian kuantitatif tersusun secara sistematis dengan data yang mencakup angka-angka pasti dan fokus pada analisis data secara statistik (Warumu, 2023). Metode tersebut dilakukan melalui analisis korelasi antar variabel yang secara umum mencakup data numerik untuk akhirnya memperoleh sebuah informasi (Kusumastuti, Khoiron, & Achmadi, 2020).

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan pada penelitian ini berada di wilayah Selat Sunda. Wilayah ini menjadi penghubung Laut Jawa dan Samudera Hindia, serta memisahkan Pulau Sumatera dan Pulau Jawa. Selat Sunda terletak pada koordinat 99°BT-107,25°BT dan 2°LS-8°LS (Gambar 1.1.).



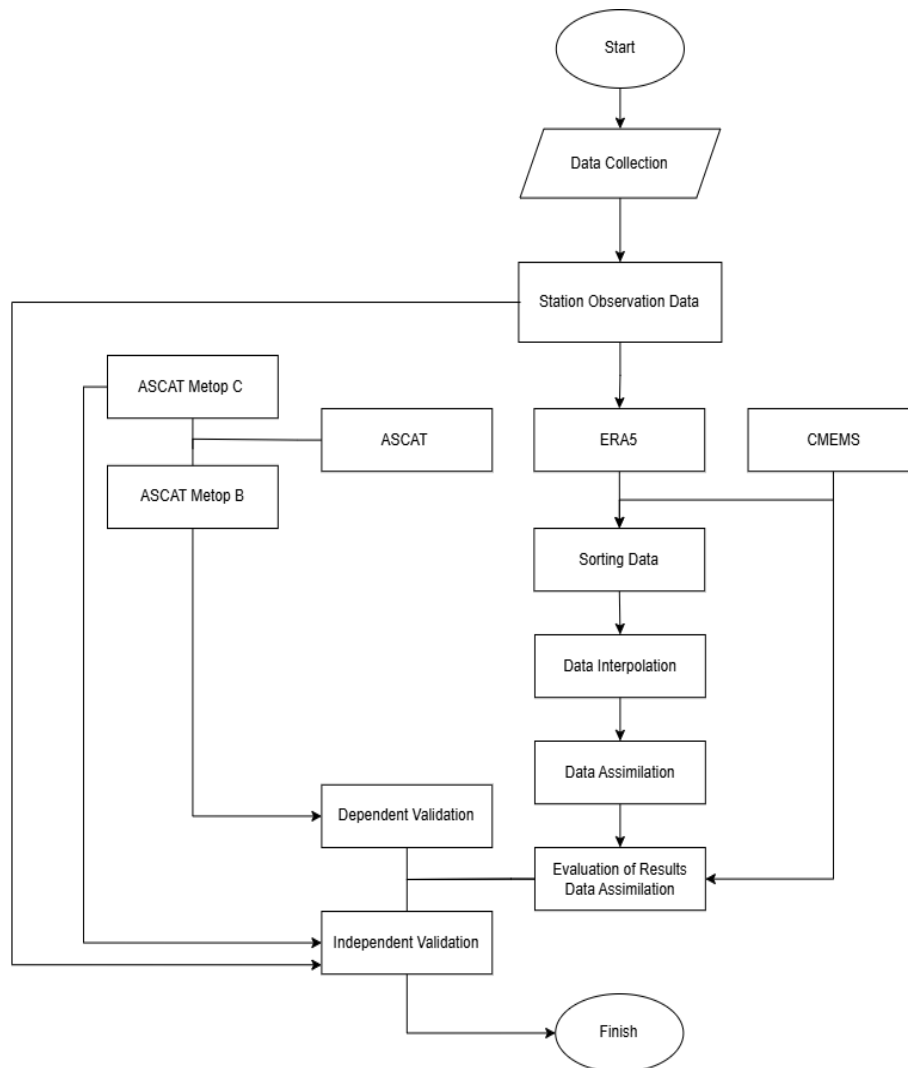
Gambar 1.1. Lokasi Penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang digunakan sebagai proses asimilasi serta untuk membandingkan data hasil asimilasi dengan data observasi. Data sekunder diperoleh dari pengolahan data angin Copernicus dalam periode bulan Agustus dan Desember 2024 dan data observasi BMKG Serang.

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah.



Gambar 1.2. Diagram Alir Penelitian

Tahap pengumpulan data merupakan tahapan awal untuk mengumpulkan data model dan data observasi dengan titik koordinat di perairan Selat Sunda. Sumber data berasal dari *website* resmi Copernicus. Pengolahan asimilasi data dilakukan di dalam MATLAB memakai ETKF. Metode ini mengubah *Observational Error Covariance* (R) menjadi bentuk diagonal dan *inverse*/kebalikannya sehingga proses komputasi matrik menjadi lebih efisien (Mujiasih *et al.*, 2021).

Prediksi model dari observasi

Rumus yang digunakan untuk menghitung ETKF, yaitu (Mujiasih *et al.*, 2021):

$$\bar{x}^a = \bar{x}^f + K \left(y - H \left(\bar{x}^f \right) \right) \quad (1)$$

Di mana,

$\bar{x}^f$: Rata-rata nilai prediksi model

$\bar{x}^a$: Rata-rata *ensemble* setelah asimilasi data

y : Observasi

K : Kalman gain

$\left(y - H \left(\bar{x}^f \right) \right)$: Perbedaan antara observasi dan prediksi untuk memperbaiki model

Perhitungan *ensemble*

Ensemble analisis dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3) (Mujiasih *et al.*, 2021).

$$K = \left(\frac{1}{\sqrt{N-1}} \right) X'^f U_T (I + \Sigma_T^T \Sigma_T)^{-1} \Sigma_T^T V_T R^{-1/2} \quad (2)$$

Di mana,

N : Total jumlah *ensemble*

T : Transpos

R : Matriks *Observational Error Covariance*

I : Matriks identitas

U_T : Matriks ortogonal

V_T : Matriks ortogonal

Oleh karena itu, perolehan rata-rata *ensemble* yang diperbarui pada persamaan (1) dapat diubah dengan mengganti persamaan (2) ke dalam persamaan (1) (Mujiasih *et al.*, 2021).

$$\bar{\mathbf{x}}^a = \bar{\mathbf{x}}^f + \left(\frac{1}{\sqrt{N-1}} \right) \mathbf{X}'^f \mathbf{U}_T (\mathbf{I} + \boldsymbol{\Sigma}_T^T \boldsymbol{\Sigma}_T)^{-1} \boldsymbol{\Sigma}_T^T \mathbf{V}_T \mathbf{R}^{-1/2} \left(\mathbf{y} - \mathbf{H}(\bar{\mathbf{x}}^f) \right) \quad (3)$$

Data *input* yang diperlukan adalah perkiraan ansambel ($\mathbf{X}^f$) matriks gangguan ansambel dalam ruang observasi ($\mathbf{S} = (\mathbf{H}\mathbf{X}'^f)$), matriks R dan observasi $\mathbf{y}^o$, dengan asumsi R ASCAT adalah 0.1 dan 0.0001. Idealnya, R berasal dari *error* instrumentasi. Tetapi, karena informasi tersebut tidak terdapat dalam dataset, maka digunakan asumsi untuk menguji hasil asimilasi, apakah hasil setelah asimilasi itu lebih baik dari sebelum asimilasi.

Di mana,

$\mathbf{y}^o$: Data angin ASCAT

$\mathbf{X}^f$: Perkiraan ansambel dan data angin ERA5

$\mathbf{S} = (\mathbf{H}\mathbf{X}'^f)$: Matriks pertubasi *ensemble* dalam ruang observasi

$\mathbf{R}$: *Observational Error Covariance*

1. *Sorting data by plotting*

Pengolahan data dimulai dengan melakukan *plotting* terlebih dahulu untuk memperoleh hasil data angin yang dianggap lengkap di beberapa waktu. Data yang digunakan berupa data ASCAT Metop B dan ERA5. Pada penelitian ini, penulis menggunakan masing-masing satu sampel data yang dipakai sebagai analisis pada bulan Agustus dan Desember 2024 di Selat Sunda.

2. *Interpolasi Data*

Interpolasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian grid pada wilayah riset berdasarkan data ASCAT Metop B dan ERA5. Interpolasi menggunakan metode *nearest* dengan mencari nilai terdekatnya yang diinterpolasi. Data observasi seperti ASCAT terkadang memiliki resolusi yang berbeda dengan data model (ERA5), sehingga interpolasi ini berguna supaya kedua data tersebut selaras dan dapat digabungkan dengan lebih akurat. Selain itu, hal ini dapat memungkinkan data model sesuai dengan lokasi observasi.

3. Asimilasi Data

Tahap *blending* merupakan tahapan di mana data ASCAT dan ERA kemudian akan digabungkan menjadi satu. Hal ini diperoleh dengan melakukan analisis ensambel, seperti pada persamaan (2) dan (3). Selain melakukan analisis *ensemble*, dilakukan juga penambahan R yang berbeda untuk mengetahui perbandingan hasilnya, yaitu untuk R = 0.1 dan R = 0.0001.

4. Evaluasi Luaran Asimilasi Data

Tahap ini merupakan tahapan evaluasi model untuk mengetahui nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) berdasarkan nilai R. Proses ini bertujuan untuk menguji akurasi model dalam merepresentasikan data sebenarnya dan menganalisis efektivitas model dalam mengasimilasi data. RMSE dapat menggambarkan kesalahan pada model, dengan rumus:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \quad (4)$$

Di mana,

n : Jumlah data yang diprediksi

i : Urutan data

e : Galat antara nilai observasi dan *blended model*/model

Validasi ini dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *dependent validation* dan *independent validation*.

1. *Dependent validation*

Dependent validation merupakan validasi pada data model dengan sumber data observasi yang digunakan untuk analisis, dalam hal ini adalah ASCAT Metop B karena dipakai dari tahap awal hingga tahap asimilasi data.

2. *Independent validation*

Independent validation adalah sebaliknya, di mana validasi pada data model dengan sumber data observasi yang tidak terkait sama sekali, dalam hal ini adalah ASCAT Metop C dan data angin stasiun permukaan karena tidak digunakan dalam tahap *blending*.

3.5 Data Penelitian

Data dalam penelitian yang digunakan adalah data angin ASCAT, ERA5, dan E.U. Copernicus Marine Service atau *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) pada bulan Agustus dan Desember 2024. Data angin ASCAT dan data angin asimilasi data luaran CMEMS berasal dari <https://data.marine.copernicus.eu/>. Sedangkan data angin 10 meter model ERA5 diperoleh dari <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

- ECMWF Reanalysis v5 (ERA5)

Data ERA5 merupakan data reanalisis atmosferik yang dikembangkan oleh *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Resolusi spasial ERA5 adalah $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ dengan resolusi temporal 1 jam selama sebulan. Variabel yang digunakan dalam data tersebut adalah data angin 10 meter yang meliputi komponen zonal (barat-timur, *u-component*) dan komponen meridional (utara-selatan, *v-component*). Satuannya adalah m/s.

- ASCAT

Data ASCAT merupakan data penginderaan jauh angin permukaan laut yang didapatkan dari instrumen *scatterometer* pada satelit dengan resolusi spasial $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ dan resolusi temporal 1 jam per bulannya. Data ASCAT yang digunakan dalam riset ini adalah ASCAT Metop B dan ASCAT Metop C. Variabel yang digunakan dalam data tersebut, yaitu *air density* (kg/m^3), *eastward wind* (m/s), *time*, *vertical component of surface downward stress curl* (N/m^3), *wind to direction*, *northward wind* (m/s), *wind speed* (m/s), dan *status flag*.

Ascat Metop B

Data ASCAT Metop B dipakai sebagai pembanding dalam *dependent validation*. Asimilasi data dibandingkan dengan data itu sendiri. Pemakaian Ascat Metop B pada penelitian ini dikarenakan Ascat Metop B sudah terbukti stabil semenjak enam bulan operasional pertamanya, hal ini telah dijelaskan

dalam penelitian Rocciardulli dan Manaster (2021). Selain itu, penelitiannya menyebutkan bahwa Ascet Metop B tidak memiliki bias yang signifikan dengan standar deviasi kesalahan sekitar 1 m/s. *Product identifier:* WIND_GLO_PHY_L3_NRT_012_002, *dataset:* cmems_obs-wind_glo_phy_nrt_l3-metopb-ascet-des-0.125deg_P1D-i.

Ascet Metop C

Data ASCAT C dipakai sebagai pembandingan dalam *independent validation*. Asimilasi data dibandingkan dengan data yang tidak terkait sama sekali. *Product identifier:* WIND_GLO_PHY_L3_NRT_012_002, *dataset:* cmems_obs-wind_glo_phy_nrt_l3-metopc-ascet-des-0.125deg_P1D-i.

- **CMEMS**

Data CMEMS adalah data luaran model laut global yang berisi luaran *analysis* dan *forecast*. Pada riset ini, data CMEMS akan digunakan sebagai perbandingan dengan asimilasi data hasil pengolahan sendiri. Tanggal yang dipilih untuk pengujian adalah tanggal 17 Desember 2024 (musim barat) serta tanggal 16 Agustus 2024 (musim timur). Musim barat digunakan lebih dari satu tanggal, untuk melihat kinerja hasil asimilasi dari data observasi yang memiliki gap sebesar 30% dari total data. Tanggal yang dipilih adalah 10 Desember 2024.

Pengolahan data angin dilakukan di Matrix Laboratory (MATLAB), yang merupakan perangkat lunak untuk menganalisis data, mengembangkan algoritma, dan komputasi numerik. Data angin yang sudah didapatkan akan digunakan untuk membangun model asimilasi data. Model ini dihasilkan dari pengolahan data ASCAT dan ERA5. *Plotting* peta menggunakan *M_Map toolbox* (Pawlowic, 2020).