



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR  
DIREKTORAT BINA TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
**BALAI TEKNIK PANTAI**

# PANDUAN PENGGUNAAN

**Sagara asr** 

# ANALISIS ANGIN DAN GELOMBANG

BALAI PANTAI



## A. Umum

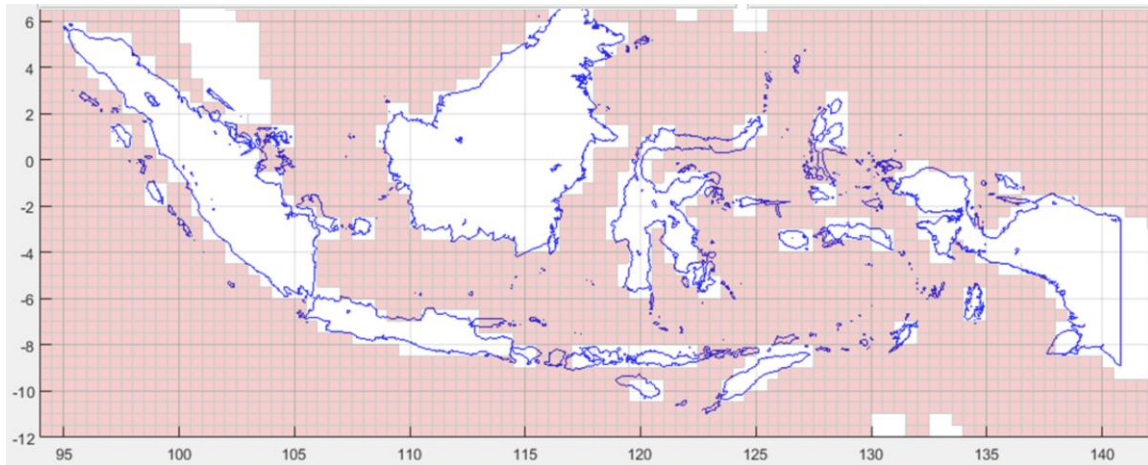
Layanan analisis angin dan gelombang pada website ini dirancang untuk mendukung pengguna dalam studi hidrodinamika pesisir serta perencanaan desain infrastruktur pantai. Layanan ini memungkinkan pengguna melakukan analisis data meteorologi dan oseanografi secara lebih mudah.

Sistem analisis menyediakan output berupa diagram mawar angin dan mawar gelombang, tabel kejadian (*event table*), serta estimasi nilai ekstrem. Diagram mawar digunakan untuk menggambarkan distribusi arah dan kecepatan angin maupun gelombang, sedangkan tabel kejadian menyajikan ringkasan statistik kejadian berdasarkan periode pengamatan. Nilai ekstrem dihitung untuk keperluan analisis risiko dan desain teknis, seperti penentuan parameter desain pengaman pantai.

Data yang digunakan dalam layanan analisis berasal dari sumber data reanalisis global, yaitu ERA5 dan JRA-3Q, yang menyediakan informasi historis angin dan gelombang dengan cakupan temporal dan spasial yang luas. Data reanalisis ini diproses dan diolah untuk menghasilkan parameter analisis yang dapat digunakan dalam studi teknis dan ilmiah.

### 1. ERA5

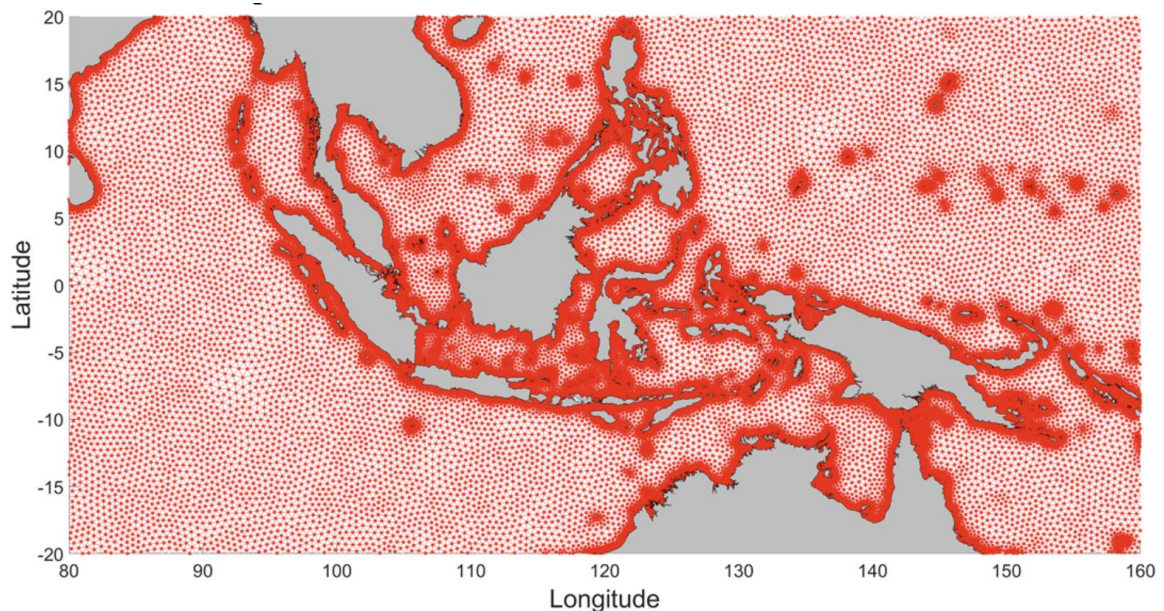
Model reanalisis ERA5 merupakan dataset reanalisis atmosfer dan laut yang dikembangkan oleh European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) dengan pemodelan atmosfer modern serta gelombang menggunakan model spektral WAM (Wave Model) yang merupakan model gelombang generasi ketiga. Data ini bersifat reanalisis, yaitu hasil penggabungan data observasi (satelit, buoy, dan pengukuran lapangan) dengan model numerik untuk menghasilkan estimasi kondisi atmosfer dan gelombang yang konsisten secara spasial dan temporal. ERA5 memiliki resolusi spasial sekitar  $0,25^\circ$  untuk data atmosfer dan sekitar  $0,5^\circ$  untuk data gelombang, dengan resolusi waktu hingga 1 jam sehingga mendukung analisis temporal yang detail. Dataset ini menggunakan grid global dengan cakupan darat dan laut serta disimpan dalam format NetCDF (.nc) yang mendukung data multidimensi dan metadata lengkap.



*Grid data ERA5*

## 2. JRA-3Q

Model reanalisis JRA-3Q dikembangkan oleh Japan Meteorological Agency (JMA) sebagai generasi ketiga dataset reanalisis atmosfer dan gelombang. Data JRA-3Q juga merupakan hasil penggabungan data observasi dengan model numerik berbasis sistem reanalisis JMA, menggunakan pendekatan model gelombang spektral generasi ketiga untuk merepresentasikan dinamika gelombang. Resolusi spasial dataset ini umumnya sekitar  $0,5^\circ$  dengan resolusi waktu 1 hingga 3 jam, sehingga cukup memadai untuk analisis temporal dan spasial pada skala regional maupun global. Data JRA-3Q disediakan dalam format NetCDF.



*Grid data JRA-3Q*

Perhitungan nilai ekstrem dilakukan menggunakan metode statistik yang umum digunakan dalam analisis hidrologi dan hidrodinamika, yaitu distribusi Gumbel, Exponential, Generalized Pareto Distribution (GPD), dan Weibull. Pemilihan metode distribusi memungkinkan estimasi nilai ekstrem dengan pendekatan yang sesuai karakteristik data, sehingga hasil analisis dapat digunakan secara akurat.

### 1. Distribusi Gumbel (Extreme Value Type I)

Distribusi Gumbel digunakan untuk memodelkan nilai ekstrem (maksimum atau minimum) dari suatu dataset, seperti tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin ekstrem. Distribusi ini banyak dipakai dalam analisis hidrologi dan hidrodinamika karena mampu merepresentasikan perilaku nilai ekstrem dengan pendekatan statistik.

Metode perhitungan dimulai dengan mengasumsikan bahwa nilai ekstrem mengikuti fungsi distribusi kumulatif (CDF) Gumbel:

$$F(x) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{x - \mu}{\beta} \right) \right]$$

di mana:

- $\mu$  = parameter lokasi (location parameter)
- $\beta$  = parameter skala (scale parameter)

Nilai ekstrem untuk periode ulang (*return period*) tertentu dihitung menggunakan hubungan:

$$x_T = \mu - \beta \ln [-\ln (1 - 1/T)]$$

di mana:

- $x_T$  = nilai ekstrem untuk periode ulang T tahun
- T = periode ulang (return period)

Parameter  $\mu$  dan  $\beta$  biasanya diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) atau metode moments. Distribusi Gumbel cocok untuk data yang memiliki tail distribusi eksponensial, sehingga sering digunakan dalam analisis ekstrem gelombang.

### 2. Distribusi Exponential

Distribusi Exponential merupakan distribusi sederhana yang sering digunakan untuk memodelkan waktu antar kejadian ekstrem atau distribusi nilai di atas ambang batas tertentu. Dalam konteks analisis ekstrem, distribusi ini diasumsikan bahwa kejadian ekstrem bersifat acak dan independen.

Fungsi distribusi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right)$$

di mana:

- $\lambda$  = parameter skala (mean dari distribusi)
- $x$  = nilai variabel

Nilai ekstrem untuk periode ulang dihitung dengan:

$$x_T = -\lambda \ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

Distribusi exponential cocok untuk data yang memiliki proses kejadian acak dan tidak terlalu kompleks. Namun, karena asumsi distribusinya sederhana, distribusi ini sering digunakan sebagai pembanding metode lain yang lebih kompleks.

### 3. Generalized Pareto Distribution (GPD)

Distribusi Generalized Pareto Distribution (GPD) digunakan dalam pendekatan *Peak Over Threshold* (POT), yaitu metode yang menganalisis nilai ekstrem di atas ambang batas tertentu (*threshold*). Metode ini lebih efisien dibandingkan pendekatan *block maxima* karena memanfaatkan lebih banyak data ekstrem.

Fungsi distribusi kumulatif GPD adalah:

$$F(x) = 1 - \left(1 + \frac{\xi(x-u)}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$$

di mana:

- $u$  = ambang batas (threshold)
- $\sigma$  = parameter skala
- $\xi$  = parameter bentuk (shape parameter)

Interpretasi parameter  $\xi$ :

- $\xi > 0$  → tail distribusi berat (heavy tail)
- $\xi = 0$  → distribusi exponential
- $\xi < 0$  → tail terbatas

Nilai ekstrem untuk periode ulang dihitung menggunakan hubungan:

$$x_T = u + \frac{\sigma}{\xi} [(T\lambda)^\xi - 1]$$

di mana:

- $\lambda$  = rata-rata jumlah kejadian di atas threshold

Metode GPD sangat efektif untuk analisis ekstrem karena memanfaatkan seluruh data yang melebihi threshold, bukan hanya nilai maksimum tahunan.

#### 4. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull banyak digunakan untuk memodelkan distribusi kecepatan angin dan tinggi gelombang karena fleksibilitasnya dalam merepresentasikan data dengan berbagai bentuk distribusi.

Fungsi distribusi kumulatif Weibull adalah:

$$F(x) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{x}{\lambda} \right)^k \right]$$

di mana:

- $\lambda$  = parameter skala
- $k$  = parameter bentuk (shape parameter)

Interpretasi parameter  $k$ :

- $k < 1 \rightarrow$  distribusi menurun tajam
- $k = 1 \rightarrow$  distribusi exponential
- $k > 1 \rightarrow$  distribusi berbentuk lonceng (bell-shaped)

Nilai ekstrem untuk periode ulang dihitung dengan:

$$x_T = \lambda \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{1/k}$$

Distribusi Weibull sering dipilih dalam studi angin dan gelombang karena kemampuannya merepresentasikan variasi data yang tidak selalu mengikuti distribusi normal.

## B. Panduan Penggunaan

1. Pengguna masuk ke laman web (<https://sda.pu.go.id/balai/teknikpantai>) dan memilih menu Analisis Angin dan Gelombang.



2. Halaman utama layanan Analisis Angin dan Gelombang menampilkan deskripsi singkat layanan serta modul panduan penggunaan. Panel sisi kiri memuat tahapan pengisian parameter yang harus dilalui secara berurutan, meliputi:

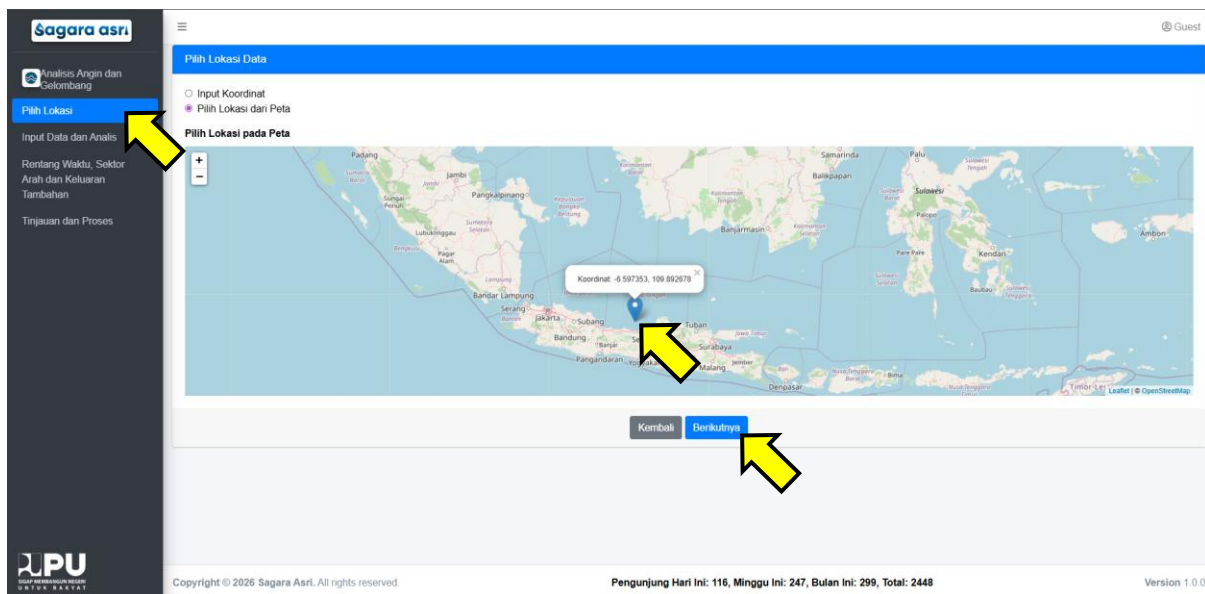
- Pemilihan lokasi
- Input data dan analisis
- Pemilihan rentang waktu, sektor arah, dan keluaran tambahan
- Tinjauan dan proses



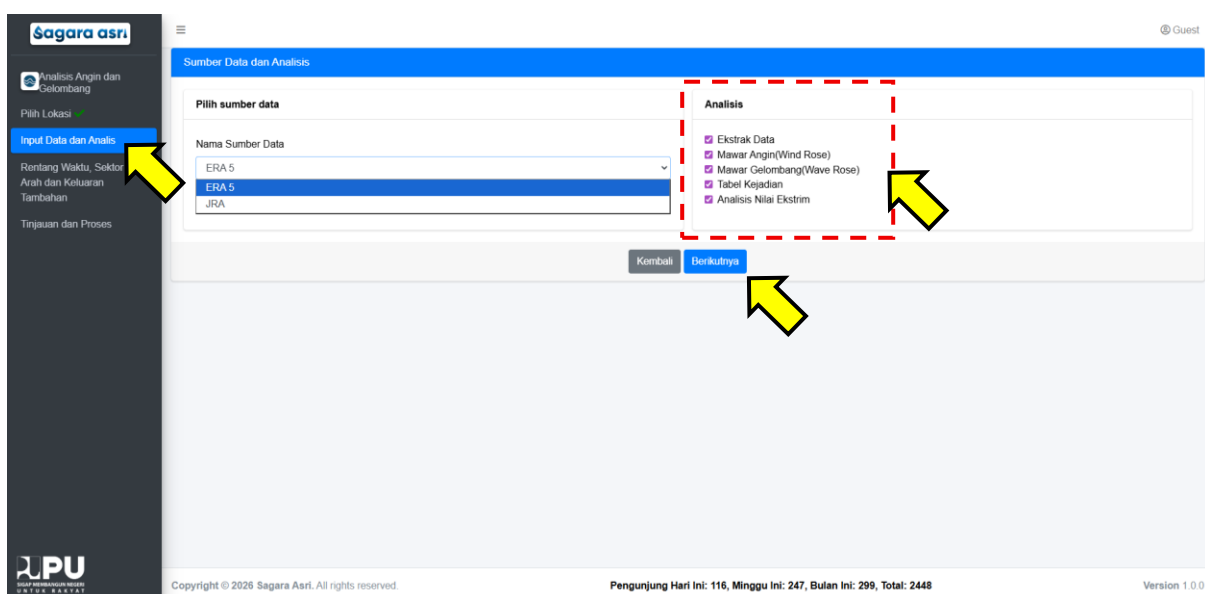
3. Pada tahapan Pilih Lokasi, pengguna dapat menentukan lokasi studi melalui dua metode, yaitu:

- Memasukkan koordinat secara manual; atau
- Memilih lokasi secara langsung melalui peta interaktif yang tersedia.

Setelah lokasi ditentukan, pengguna menekan tombol Selanjutnya untuk melanjutkan ke tahap berikutnya.



4. Tahap Input Data dan Analisis, pengguna memilih sumber data yang akan digunakan, yaitu ERA5 atau JRA-3Q, serta menentukan jenis output analisis yang diinginkan. Pengguna dapat memilih seluruh opsi analisis atau hanya opsi tertentu sesuai kebutuhan. Setelah selesai, klik Selanjutnya.



## 5. Tahap berikutnya, pengguna menentukan:

- Rentang waktu analisis (seluruh periode data tersedia atau periode tertentu sesuai kebutuhan);
- Sektor arah analisis angin atau gelombang, yaitu seluruh arah (omnidirectional) atau sektor tertentu (sectoral);
- Keluaran tambahan, seperti penyimpanan raw data dalam format CSV, mawar diagram bulanan, atau pengaturan orientasi mawar diagram.

Setelah parameter dipilih, tekan tombol Berikutnya.

The screenshot shows the configuration interface for wind and wave analysis. The left sidebar contains navigation options: 'Analisis Angin dan Gelombang', 'Pilih Lokasi', 'Input Data dan Analisis', 'Rentang Waktu, Sektor Arah dan Keluaran Tambahan' (highlighted with a yellow arrow), and 'Tinjauan dan Proses'. The main content area is titled 'Rentang Waktu, Sektor Arah dan Tambahan' and contains the following settings:

- Pilih Rentang Waktu:**
  - Seluruh Data Tersedia
  - Rentang Waktu
- Waktu Awal:** 01/01/2014
- Waktu Akhir:** 31/12/2024
- Pilih Sektor Arah & Keluaran Tambahan:**
  - Seluruh Arah(Omnidirectional)
  - Sektoral
- Keluaran Tambahan:**
  - Simpan ke CSV
  - Mawar Bulanan(Monthly Rose)
  - Arah "ke"

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Kembali' and 'Berikutnya' (highlighted with a yellow arrow).

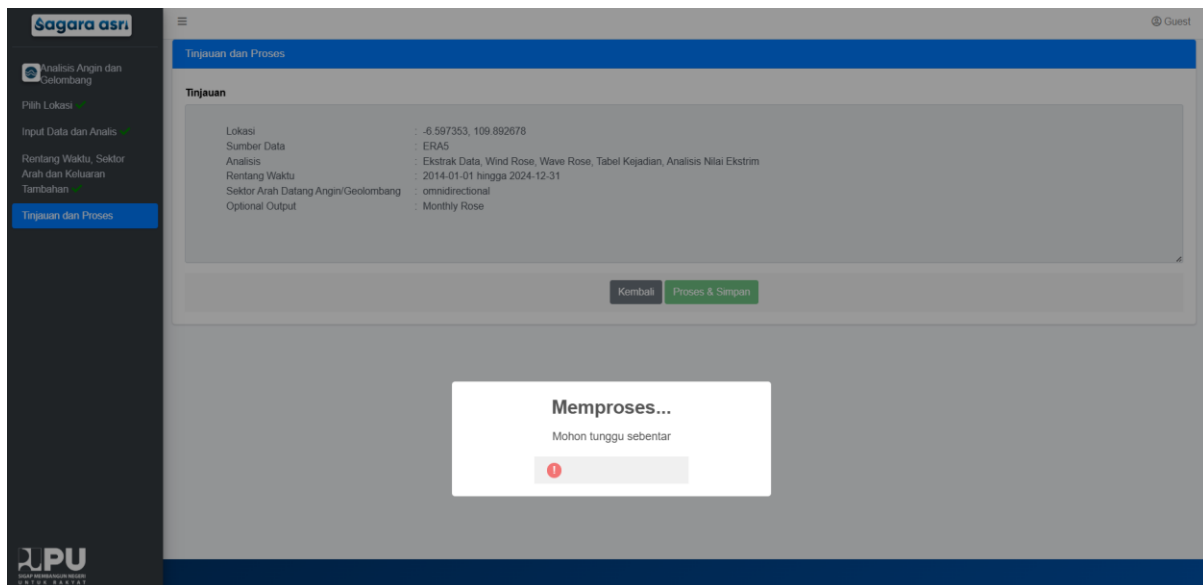
6. Pada tahapan Tinjauan dan Proses, sistem akan menampilkan rekapitulasi seluruh parameter yang telah diinput oleh pengguna. Apabila seluruh parameter telah sesuai, pengguna dapat menekan tombol Proses dan Simpan untuk memulai analisis.

The screenshot shows the 'Tinjauan dan Proses' screen, which provides a summary of the user's input parameters. The left sidebar is the same as in the previous screenshot. The main content area is titled 'Tinjauan dan Proses' and contains a 'Tinjauan' section with the following summary:

Lokasi	: -6.597353, 109.892678
Sumber Data	: ERA5
Analisis	: Ekstrak Data, Wind Rose, Wave Rose, Tabel Kejadian, Analisis Nilai Ekstrim
Rentang Waktu	: 2014-01-01 hingga 2024-12-31
Sektor Arah Datang Angin/Gelombang	: omnidirectional
Optional Output	: Monthly Rose

At the bottom of the summary, there are two buttons: 'Kembali' and 'Proses & Simpan' (highlighted with a yellow arrow).

7. Durasi pemrosesan data bergantung pada panjang rentang waktu yang dipilih. Sebagai ilustrasi, analisis dengan rentang data 10 tahun memerlukan waktu pemrosesan sekitar  $\pm 8$  menit.



8. Setelah proses analisis selesai, sistem akan menampilkan tombol Download. Pengguna dapat mengunduh seluruh hasil analisis angin dan gelombang dalam format ZIP.

