

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Area pesisir memiliki peranan yang sangat penting dalam urbanisasi, mendukung berbagai aktivitas manusia seperti perdagangan, pariwisata, perikanan, akuakultur, dan transportasi maritim. Wilayah-wilayah ini juga membentuk ekologi yang sangat penting dalam mendukung aktivitas kehidupan manusia dan berkontribusi terhadap perkembangan sosial-ekonomi. Sekitar 40% dari populasi dunia tinggal dalam radius 100 kilometer dari garis pantai. Asia menyumbang sekitar 1,3 miliar penduduk, menjadikannya wilayah dengan populasi pesisir terbesar (OECD, 2021). Negara-negara seperti China, India, Indonesia, dan Pakistan memiliki konsentrasi penduduk pesisir yang sangat tinggi (Cosby et al., 2024). Di Indonesia, sekitar 60% dari 281,6 juta orang tinggal di zona pesisir, tersebar di 10.639 desa pesisir (BPS, 2024; Rudiarto et al., 2018), yang menunjukkan betapa penting dan strategisnya wilayah-wilayah pesisir ini.

Tingginya ketergantungan terhadap wilayah pesisir menjadikan kawasan ini sangat rentan terhadap berbagai bahaya alam, terutama banjir rob. Banjir rob merupakan ancaman serius bagi wilayah pesisir dengan dataran rendah. Berbagai kejadian terkini menunjukkan bahwa dampaknya tidak hanya terbatas pada genangan temporer, tetapi juga menimbulkan konsekuensi sosial-ekonomi dan ekologis. Di Asia Tenggara, banjir berulang telah mengancam kota-kota pesisir padat penduduk seperti Ho Chi Minh City di Vietnam (Phan et al., 2018), Manila di Filipina (Takagi et al., 2023), dan Jakarta di Indonesia (Wannowitz & Garschagen, 2021). Berbagai kasus ini menegaskan bahwa banjir rob bukan sekadar fenomena lokal, melainkan tantangan global yang memerlukan kajian lintas skala untuk memahami dampak dan upaya mitigasinya.

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kerentanan bencana pada wilayah pesisir adalah El Niño-Southern Oscillation (ENSO), sebuah anomali iklim yang mempengaruhi suhu permukaan laut dan kondisi atmosfer secara global (Wu & Leonard, 2019; Yan et al., 2020). ENSO berperan dalam memengaruhi kejadian banjir pesisir melalui pengaruhnya terhadap interaksi dan sirkulasi laut-atmosfer. Pada skala Indo-Pasifik, fase ENSO mengubah kekuatan sirkulasi Walker

dan angin pasat, yang secara langsung memengaruhi Arus Lintas Indonesia (*Indonesian Throughflow/ITF*) (Gordon, 2005; Sprintall et al., 2014). Selama fase El Niño, melemahnya transport ITF dapat menyebabkan kenaikan muka air laut di sebagian wilayah Samudra Hindia timur. Sebaliknya, pada fase La Niña, ITF menguat sehingga meningkatkan potensi gelombang tinggi di perairan Indonesia (Li et al., 2024). Bahkan selama fase Netral, variasi pada dinamika laut-atmosfer masih dapat terjadi dan berpotensi memengaruhi hidrodinamika pesisir, meskipun dampak pastinya terhadap risiko banjir masih belum banyak dikaji secara mendalam. Terlepas dari meningkatnya perhatian terhadap mekanisme-mekanisme tersebut, penilaian kuantitatif mengenai peran ENSO dalam banjir pesisir masih terbatas di Asia Tenggara, khususnya di Indonesia.

Penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan ENSO dan bahaya pesisir pada skala global dan regional. Muis et al. (2018) menemukan korelasi antara ENSO dan muka air laut ekstrem, meskipun respons total muka air di banyak wilayah global tidak signifikan, sehingga menimbulkan ketidakpastian terkait peran pasang surut, badai gelombang, dan *wave setup* dalam banjir pesisir. Odériz et al. (2020) juga menunjukkan adanya variabilitas tinggigelombang yang dipengaruhi oleh ENSO, namun tanpa mengkuantifikasi dampaknya pada hidrodinamika wilayah perairan dekat pantai (*nearshore*) atau banjir lokal. Kesenjangan ini menunjukkan terbatasnya pemahaman mengenai pengaruh ENSO terhadap dinamika banjir pesisir. Untuk mengisi kesenjangan pengetahuan (*gap*) tersebut, penelitian ini menyajikan bukti numerik berbasis proses yang menghubungkan variabilitas ENSO dengan respons banjir pesisir di Brebes, Indonesia. Dengan menggabungkan MIKE 21 dan HEC-RAS, studi ini mensimulasikan dinamika gelombang lepas pantai dan proses genangan daratan untuk menghasilkan penilaian komprehensif terhadap risiko banjir yang dipengaruhi ENSO pada skala lokal.

Kabupaten Brebes di Jawa Tengah merupakan contoh urgensi dari kesenjangan pengetahuan tersebut. Terletak di pesisir utara Jawa, Brebes berperan sebagai pusat nasional bagi sektor perikanan budidaya dan pertanian, yang menopang ketahanan pangan regional serta mata pencaharian masyarakat lokal. Dalam beberapa tahun terakhir, wilayah ini mengalami banjir rob berulang yang

merusak tambak ikan, lahan pertanian, dan kawasan permukiman, sehingga mengancam stabilitas ekonomi serta ketahanan pangan (Handiani et al., 2022; Wijaya et al., 2019).

Permukaan air tertinggi (hingga 0,5 m) biasanya diamati pada musim panas boreal, sedangkan terendah (sekitar 0,1 m) terjadi pada musim dingin boreal. Kecepatan arus maksimum (0,18 m/s) tercatat selama Transisi 1, sedangkan kecepatan arus terendah (0,02 m/s) terjadi selama Transisi 2 (Isnaeni et al., 2022). Dalam lima tahun terakhir (dari tahun 2020 hingga 2024), tercatat sebanyak 119 kejadian banjir yang tidak hanya mengganggu infrastruktur tetapi juga ekonomi masyarakat yang terdampak (BPBD, 2025). Daerah ini telah diklasifikasikan sebagai daerah yang sangat rentan terhadap banjir pesisir karena kombinasi antara proyeksi kenaikan permukaan laut dan penurunan permukaan tanah yang signifikan sebesar -8,23 cm/tahun (Adillah et al., 2024; Janur et al., 2025). Tingginya resiko banjir rob terhadap kegagalan tambak dan kerusakan bangunan, ditambah dengan tidak adanya infrastruktur perlindungan pesisir di sepanjang 53 km garis pantai, semakin meningkatkan risiko banjir.

Sebagian besar penelitian di Brebes berfokus pada banjir pasang surut dan kenaikan muka laut jangka panjang (Syafitri & Rochani, 2022; Wijaya et al., 2019), sementara potensi peran anomali ENSO dalam memperburuk bahaya banjir masih belum banyak diteliti. Kekurangan ini penting, karena ENSO ekstrem berpotensi memperparah dampak banjir pada zona tambak, permukiman, jaringan transportasi, dan infrastruktur vital lainnya.

Upaya ini sangat penting untuk memperkuat strategi pengurangan risiko bencana di Brebes maupun wilayah pesisir lainnya. Dengan menerapkan kerangka pemodelan berbasis proses menggunakan MIKE 21 dan HEC-RAS, penelitian ini menyelidiki kontribusi relatif dari berbagai fase ENSO terhadap banjir pesisir di Kabupaten Brebes. Pendekatan ini menghadirkan penilaian terpadu mengenai banjir pesisir yang dipengaruhi ENSO di Indonesia, memberikan wawasan baru tentang bagaimana variabilitas iklim membentuk risiko banjir lokal dan mendukung strategi adaptasi ketahanan pesisir.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mekanisme terjadinya fenomena ENSO serta kaitannya terhadap karakteristik hidrodinamika pesisir di wilayah pesisir utara Jawa, Brebes?
2. Bagaimana perbedaan pola angin dan suhu permukaan laut selama fase La Niña, Netral, dan El Niño memengaruhi tinggi gelombang dan risiko banjir pesisir?
3. Bagaimana model MIKE 21 dan HEC-RAS dapat digunakan untuk mensimulasikan banjir rob yang dipengaruhi oleh fase ENSO?
4. Sejauh mana efektivitas pemodelan MIKE 21 dan HEC-RAS dalam memprediksi banjir pesisir Brebes dengan mempertimbangkan variabel-variabel oseanografi yang berubah akibat ENSO?
5. Strategi adaptasi seperti apa yang dapat dirancang berdasarkan hasil simulasi pengaruh ENSO terhadap banjir rob di kawasan pesisir Brebes?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1. Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat risiko banjir rob di wilayah pesisir utara Kabupaten Brebes dengan mengkaji pengaruh fenomena ENSO (La Niña, Netral, El Niño) terhadap variabilitas muka air laut dan potensi peningkatan kejadian genangan.

### **2. Tujuan Penelitian**

1. Mengklasifikasikan fenomena masing-masing fase ENSO (La Niña, Netral, El Niño) berdasarkan indeks iklim serta menganalisis kaitannya terhadap perubahan kondisi hidrodinamika di wilayah pesisir utara Brebes.
2. Menganalisis secara kuantitatif perbedaan suhu permukaan laut, pola angin, dan gelombang laut selama fase ENSO serta implikasinya terhadap perubahan elevasi muka air laut.
3. Menerapkan model MIKE 21 dan HEC-RAS untuk mensimulasikan dampak ENSO terhadap banjir pesisir.

4. Mengevaluasi keakuratan dan efektivitas model MIKE 21 dan HEC-RAS dalam memodelkan banjir pesisir yang dipengaruhi oleh anomali ENSO.
5. Merancang strategi adaptasi dan mitigasi berbasis hasil simulasi untuk meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap dampak perubahan iklim dan ENSO.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pemahaman ilmiah mengenai pengaruh ENSO terhadap dinamika muka air laut dan risiko kejadian banjir rob di pesisir Kabupaten Brebes.
2. Menjadi referensi penerapan model numerik (MIKE 21 dan HEC-RAS) dalam analisis hidrodinamika dan banjir pesisir.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa batasan agar kajian lebih terfokus dan dapat diselesaikan dalam ruang lingkup yang realistis. Adapun batasan-batasan yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Analisis difokuskan pada banjir rob, sehingga tidak mencakup banjir fluvial akibat debit sungai atau pluvial akibat limpasan hujan.
2. Analisis ENSO dibatasi pada tiga fase ENSO periode terbaru: La Niña 2022, El Niño 2023, dan Netral 2024.
3. Model yang digunakan hanya MIKE 21 (hidrodinamika dan gelombang) dan HEC-RAS (*floodplain* dan genangan).
4. Variabel utama yang dikaji: angin, arus, tinggi gelombang, muka air laut, dan genangan.
5. Sumber data terbatas pada data observasi dan reanalisis ERA-5 dari *Copernicus Climate Change Service*.
6. Pembuatan model didasarkan pada data batimetri dan topografi citra satelit Batnas dan Demnas.
7. Penanganan banjir rob dibatasi pada penyusunan kerangka spasial penempatan struktur proteksi.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan ini disusun dalam lima bab utama yang terstruktur sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Bab ini memuat latar belakang penelitian, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, serta sistematika penulisan secara keseluruhan.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini menyajikan kajian teori dan hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan konseptual dalam mendukung analisis penelitian.

### **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi pendekatan, jenis data, teknik pengumpulan data, serta metode analisis.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menyajikan hasil analisis data yang diperoleh selama penelitian serta pembahasannya.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasannya serta saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian lanjutan yang dapat melengkapi gap dalam penelitian.