

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi ancaman bencana alam yang cukup besar khususnya ancaman tsunami. Ini disebabkan salah satunya karena Indonesia memiliki garis pantai sepanjang 80.791 km dan wilayah perairan seluas 5,8 juta km² (Retno, 2015). Ini menyebabkan daerah yang berpotensi terdampak tsunami di Indonesia cukup luas. Indonesia terletak di *ring of fire* yang menyebabkan tingginya jumlah gunung berapi dan seringnya terjadi bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami (Venzke, 2023). Populernya kawasan pesisir sebagai tempat pemukiman, pariwisata, dan industri tentunya membuat potensi ancaman tsunami terhadap masyarakat saat ini menjadi lebih besar (Putranto, 2020). Kejadian-kejadian baru seperti di Aceh pada tahun 2004 dan Jepang pada tahun 2011 dengan jelas menunjukkan besarnya potensi kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh tsunami, yang menyebabkan kerugian besar bagi manusia dan ekonomi. Menurut database sejarah tsunami global (NGDC/WDS, 2015), sekitar 940.000 kematian akibat tsunami tercatat sepanjang era prasejarah, sejarah, dan modern. Berdasarkan contoh dan pengalaman tsunami yang telah terjadi, pencegahan dan pemahaman lebih mendalam mengenai fenomena ini menjadi sangat penting untuk dikaji demi meminimalisir efek destruktifnya (Ni'maturrosidah & Kurniawan, 2024).

Tsunami adalah gelombang air dangkal yang panjang yang biasanya terjadi di lautan atau danau yang besar yang mana terjadi karena adanya perpindahan volume air tiba-tiba akibat gempa bumi, longsoran bawah laut, gunung api, jatuhnya meteor dan gangguan atmosfer (Intan et al., 2024). Biasanya, tsunami terdiri dari serangkaian gelombang yang susul-menyusul yang mana disebut "*wave train*" dengan periode dari beberapa menit hingga beberapa jam dan dapat mencapai ketinggian puluhan meter akibat peristiwa besar (Purwanto, 2024). Walaupun dampak tsunami terbatas

pada daerah pesisir, kekuatannya yang sangat destruktif dapat mempengaruhi seluruh permukaan dasar laut disekitaran terjadi tsunami. Ancaman tsunami bisa sangat berbahaya karena dapat menyebabkan kerusakan besar pada infrastruktur, kehilangan nyawa, dan gangguan signifikan terhadap kehidupan sosial dan ekonomi (Kusuma, 2024). Gelombang tsunami yang tinggi dan deras dapat menghancurkan pemukiman pesisir, menyebabkan banjir luas, dan merusak fasilitas penting seperti pelabuhan, jalan, dan jembatan, sehingga mengganggu transportasi dan perdagangan (Wahyudi et al., 2024). Selain itu, dampak psikologis terhadap para penyintas dan masyarakat sekitar bisa sangat signifikan serta menyebabkan trauma jangka panjang (Rahmawati et al., 2024). Contohnya, baru-baru ini tsunami kembali melanda Indonesia, tepatnya di daerah Anak Krakatau pada tahun 2018. Tsunami yang terjadi merupakan jenis tsunami yang disebabkan oleh longsor. Salah satu sisi gunung berapi longsor dan menghasilkan gelombang setinggi 80 meter yang menewaskan 437 orang dan melukai 14.059 orang (AHA-Centre, 2019). Dampak gelombang tsunami pada instalasi militer dapat sangat merugikan contohnya, tersertnya Kapal Republik Indonesia (KRI) Andau jenis Kapal Cepat Torpedo (KCT) (Alphalevy, 2024). Menanggulangi resiko yang diciptakan dari bencana tsunami tersebut, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemodelan dan simulasi bencana tsunami itu sendiri. Namun begitu, kompleksitas fenomena fisis yang terjadi pada bencana tsunami ini menyebabkan tidak semua pendekatan dapat memberikan hasil simulasi yang akurat. Pendekatan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) merupakan pendekatan matematika komputasi yang dapat menjelaskan fenomena fisis dengan akurat.

Komputasi digunakan untuk menghitung simulasi aliran fluida dan interaksinya dengan batas-batas domain (Dewanagara, 2021). Salah satu pendekatan penting adalah pemodelan multi-fasa berbasis CFD, yang digunakan untuk merepresentasikan aliran simultan dua atau lebih fasa, seperti air dan sedimen (Herianto, 2021; Damis Widiawaty et al., 2017).

Model ini sangat relevan dalam kasus tsunami akibat longsor, di mana fasa sedimen dan air saling berinteraksi dan mengalami transportasi (Alphalevy, 2024; Southard, 2006). Tantangan utama dari simulasi multi-fasa berbasis CFD adalah tingginya waktu komputasi akibat jumlah mesh yang besar. Adaptive Mesh Refinement (AMR) merupakan salah satu solusi yang terbukti mampu mempercepat simulasi dengan mempertahankan akurasi, karena hanya memperhalus mesh di area penting (Lee & Huang, 2022; Nguyen et al., 2020; Salinas et al., 2018; Souza et al., 2022; Chen et al., 2023). Aplikasi AMR telah terbukti efektif dalam berbagai kasus, termasuk aliran turbulen, interaksi fluida-struktur, dan deformasi antarmuka dua fase seperti gelembung dan pecahnya bendungan 3D (Lapointe et al., 2020). Dalam konteks tsunami, simulasi sebelumnya menggunakan AMR dan model multi-fasa telah dilakukan dan divalidasi terhadap eksperimen skala laboratorium (Lee & Huang, 2022; Viroulet et al., 2014; Alphalevy, 2024), namun waktu komputasi masih menjadi kendala utama.

Penelitian sebelumnya pada umumnya hanya menggunakan pendekatan analisis sensitivitas konvensional dalam menentukan parameter AMR yang cenderung tidak praktis dan memakan banyak waktu pada skala simulasi besar. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengisian gap tersebut dengan mengoptimasi parameter AMR menggunakan metode *Surrogate-Based Sequential Approximation Optimization* (SAO). Metode SAO memungkinkan pencarian kombinasi parameter optimal secara efisien dengan pendekatan berbasis model *surrogate*, yang lebih hemat waktu dibanding eksplorasi langsung seluruh ruang parameter. Dengan pendekatan ini, diharapkan simulasi tsunami berbasis model multi-fasa CFD dapat dilakukan pada skala lebih besar dan waktu komputasi yang lebih efisien, tanpa mengorbankan akurasi hasil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, adapun rumusan masalah atau pertanyaan penelitian dari penelitian ini dapat

dinyatakan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menerapkan metode optimasi *surrogate sequential based optimization* untuk menentukan parameter terbaik dari AMR?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan waktu komputasi dan akurasi pada simulasi gelombang tsunami dari longsoran diatas air?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk :

1. Menerapkan metode optimasi *surrogate sequential based optimization* untuk menentukan parameter terbaik dari AMR.
2. Mengoptimalkan waktu komputasi dan akurasi simulasi dengan mengaplikasikan parameter terbaik dari AMR.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah disebutkan, maka dapat disimpulkan manfaat penelitian sebagai berikut :

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teori dan metode dalam memaksimalkan potensi AMR untuk simulasi gelombang tsunami. Pengembangan ini mendukung percepatan waktu komputasi dan perbaikan akurasi dari simulasi gelombang tsunami. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar teoritis untuk penelitian selanjutnya serta menjadi referensi penting dalam pengembangan metodologi baru di bidang simulasi gelombang tsunami dan optimasi matematika.

1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat meningkatkan akurasi dan waktu komputasi dalam simulasi gelombang tsunami akibat longsoran, khususnya dibagian

terciptanya gelombang dimana interaksi antara longsoran dan air kompleks. Hasil penelitian juga dapat digunakan oleh peneliti selanjutnya untuk memperbaiki simulasi gelombang tsunami dengan algoritma yang telah dioptimalkan. Penerapan metode ini dalam praktik dapat membantu mencari parameter optimal untuk meningkatkan potensi AMR.

