

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan serta pembangunan infrastruktur perlindungan pantai, seperti *breakwater*, merupakan elemen penting dalam pengelolaan kawasan pesisir yang berkelanjutan. Struktur ini memiliki fungsi untuk mereduksi energi gelombang yang merusak, menekan tingkat erosi (abrasi), serta menciptakan kondisi lingkungan yang lebih stabil bagi aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat, termasuk dalam sektor pariwisata (Tampubolon & Barus, 2022).

Namun demikian, kinerja dan umur layanan suatu *breakwater* sangat dipengaruhi oleh pemahaman yang menyeluruh terhadap kondisi geoteknik dan stratigrafi bawah permukaan di lokasi pembangunan. Banyak kegagalan struktur yang terjadi disebabkan oleh kurangnya informasi terkait karakteristik tanah dasar, ketebalan lapisan sedimen lunak, serta kedalaman batuan dasar yang memiliki daya dukung yang baik (Arif et al., 2023). Oleh sebab itu, investigasi kondisi bawah permukaan laut menjadi tahapan yang sangat penting dalam menghasilkan desain rekayasa yang aman dan efisien.

Pada umumnya, investigasi bawah permukaan di wilayah pesisir masih mengandalkan metode konvensional berupa pengeboran tanah (*hand boring* atau *borehole*). Metode ini mampu memberikan data geoteknik yang akurat, seperti jenis tanah, tingkat kepadatan, serta parameter kekuatan geser pada titik tertentu. Akan tetapi, keterbatasan utama metode ini adalah sifatnya yang diskrit, sehingga belum mampu menggambarkan variasi lateral kondisi bawah permukaan secara kontinu pada area yang luas (Arif et al., 2023).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pemanfaatan teknologi berbasis penginderaan jauh mulai dikembangkan. Salah satu metode yang digunakan adalah fotogrametri berbasis drone yang terbukti efektif dalam memantau perubahan sedimen

pantai secara spasial maupun temporal. Metode ini mampu menyediakan data visual yang detail dan dapat dikorelasikan dengan analisis transpor sedimen secara konvensional (Putra et al., 2022). Selain itu, penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan teknik *Structure from Motion* (SfM) memungkinkan pembentukan model elevasi digital serta ortomosaik resolusi tinggi yang sangat penting dalam analisis geomorfologi dan pemantauan deformasi struktur (Fatchurohman & Handayani, 2022; García-López et al., 2024).

Meskipun demikian, berdasarkan tinjauan literatur, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian (*research gap*). Pertama, sebagian besar penelitian integratif masih terbatas pada penggabungan data pengeboran dengan satu metode tambahan, sehingga belum menghasilkan gambaran kondisi bawah permukaan yang komprehensif. Kedua, model tiga dimensi (3D) yang dihasilkan umumnya belum divalidasi secara menyeluruh, khususnya pada zona transisi darat-laut dan pada kedalaman tertentu. Ketiga, analisis kerentanan abrasi masih belum banyak mempertimbangkan parameter bawah permukaan sebagai faktor pengendali utama, seperti keberadaan lapisan sedimen lunak yang mudah tererosi maupun bentuk topografi batuan dasar.

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, diperlukan suatu pendekatan integrasi multidisiplin yang mengombinasikan berbagai jenis data dengan prinsip yang saling melengkapi. Dalam penelitian ini, pendekatan yang diusulkan mencakup tiga komponen utama, yaitu: (1) data *ground truth* dari *hand boring* sebagai acuan kalibrasi, (2) model morfologi permukaan tiga dimensi resolusi tinggi hasil fotogrametri berbasis drone, serta (3) data geodetik untuk memperoleh informasi elevasi yang akurat.

Integrasi ketiga jenis data tersebut diharapkan mampu menghasilkan model stratigrafi 3D yang lebih akurat dan tervalidasi, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi serta mengklasifikasikan lapisan sedimen dan batuan dasar secara lebih rinci. Selain itu, model yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan untuk menganalisis potensi erosi serta stabilitas struktur *breakwater* secara lebih komprehensif.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode integrasi data geosains, sekaligus memberikan manfaat praktis berupa rekomendasi teknis dalam perencanaan, pembangunan, pemeliharaan infrastruktur perlindungan pantai yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik stratigrafi dan sifat fisik tanah di lokasi penelitian berdasarkan data *hand boring*?
2. Bagaimana hasil pemodelan tiga dimensi (3D) kondisi bawah permukaan dari integrasi data spasial dan data geoteknik?
3. Bagaimana pengaruh integrasi dan validasi silang antara data spasial dan data geoteknik terhadap keandalan interpretasi kondisi bawah permukaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik stratigrafi serta sifat fisik tanah dasar di lokasi penelitian berdasarkan data *hand boring*.
2. Mengembangkan model tiga dimensi (3D) bawah permukaan melalui integrasi data spasial dan data geoteknik untuk menggambarkan sebaran lapisan tanah.
3. Menilai keandalan hasil interpretasi kondisi bawah permukaan melalui integrasi dan validasi silang antara data spasial dan data geoteknik.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan mendalam, perlu ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di perairan muntai desa mentayan, kecamatan

bantan, kabupaten bengkalis, provinsi riau. untuk studi kasus pembangunan atau pemeliharaan breakwater, Hasil penelitian bersifat spesifik lokasi dan tidak untuk digeneralisasi secara langsung ke wilayah lain tanpa penyesuaian.

2. Data Geoteknik

Data ground truth terbatas pada hasil pengambilan sampel menggunakan metode hand boring pada titik-titik yang telah ditentukan. Pengujian laboratorium sampel tanah dibatasi pada parameter dasar untuk klasifikasi lapisan tanah hasil pengeboran hand boring.

3. Data Spasial

Pemodelan 3D permukaan dibatasi pada area yang terliput oleh citra udara dari *Unmanned Aerial Vehicle (UAV/drone)* pada saat survei. Pada area yang tidak terekam kamera akan diestimasi berdasarkan data sekunder atau asumsi tertentu.

4. Analisis Stratigrafi

Pemodelan stratigrafi 3D berfokus pada delineasi lapisan utama (sedimen permukaan, lapisan lunak, dan batuan dasar) berdasarkan korelasi data bor dan morfologi permukaan, tanpa melakukan analisis dinamika air tanah atau pemodelan hidrodinamika gelombang secara rinci.

5. Aspek Struktural

Analisis stabilitas breakwater dalam penelitian ini bersifat kualitatif berdasarkan interpretasi kondisi bawah permukaan, dan tidak mencakup perhitungan desain struktur teknik sipil secara mendetail (seperti stabilitas geser, guling, atau daya dukung pondasi)

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu geoteknik dan rekayasa pantai, khususnya dalam analisis stratigrafi tanah dan pemodelan tiga dimensi

(3D) berbasis integrasi data spasial dan geoteknik.

2. Menjadi rujukan dalam penerapan metode *hand boring* yang dikombinasikan dengan pemodelan 3D untuk analisis kondisi bawah permukaan, terutama pada wilayah pantai perairan mentayan dengan keterbatasan data.
3. Menyajikan informasi kondisi stratigrafi bawah permukaan pada area *breakwater* sebagai dasar dalam evaluasi teknis dan perencanaan penguatan tanah serta struktur pelindung pantai perairan mentayan.
4. Mendukung pengambilan keputusan oleh pemerintah daerah atau instansi terkait dalam pengelolaan wilayah mentayan secara lebih efektif dan berkelanjutan.
5. Menjadi acuan bagi pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemodelan bawah permukaan, integrasi data geoteknik, dan dinamika sedimen pesisir.