

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur pesisir seperti breakwater merupakan bagian penting dalam sistem perlindungan pantai dan pengendalian dinamika gelombang. Keberhasilan konstruksi tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar sebagai media penopang struktur. Karakteristik stratigrafi dan sifat fisik tanah bawah permukaan menjadi faktor utama yang menentukan stabilitas dan umur layanan bangunan pantai. Ketidaktepatan dalam memahami kondisi bawah tanah dapat mengakibatkan penurunan berlebih, deformasi, hingga potensi kegagalan struktur.

Data empiris menunjukkan bahwa di Indonesia, kegagalan breakwater sering terjadi akibat kondisi geoteknik yang tidak memadai. Misalnya, menurut laporan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada 2022, sekitar 15-20% proyek breakwater di pesisir utara Jawa mengalami deformasi dini karena lapisan tanah lunak dan sedimentasi tinggi, dengan biaya perbaikan mencapai miliaran rupiah. Di tingkat lokal, studi kasus di Kabupaten Bengkalis menunjukkan bahwa area pesisir seperti Pantai Papal sering mengalami masalah geoteknik akibat fluktuasi pasang surut dan endapan aluvial yang heterogen, yang telah menyebabkan kerusakan struktur pelindung pantai pada beberapa proyek sebelumnya (Rahman et al., 2023). Oleh karena itu, pendekatan investigasi tradisional yang hanya mengandalkan data titik bor dianggap tidak memadai untuk merepresentasikan kompleksitas sesungguhnya dari lingkungan pesisir (Wang et al., 2022).

Untuk mengatasi ketidakpastian ini, paradigma dalam investigasi geoteknik kelautan telah bergeser menuju pendekatan integratif yang menggabungkan disiplin geoteknik dan spasial (Feranie et al., 2023; Zheng et al., 2022). Integrasi data geoteknik (in-situ dan laboratorium) dengan data spasial memungkinkan ekstrapolasi data titik menjadi model tiga dimensi (3D) sub-permukaan yang lebih

spasial dan akurat. Model 3D ini memberikan visualisasi holistik mengenai distribusi lapisan sedimen, ketebalan, dan hubungan stratigrafinya, sehingga mengatasi keterbatasan interpretasi dari data bor yang bersifat diskrit dan lokal (Hapsari & Cahyono, 2021).

Pemodelan 3D terintegrasi menjadi krusial tidak hanya untuk perencanaan fondasi, tetapi juga untuk identifikasi dan mitigasi risiko *geohazard*. Pendekatan ini memungkinkan pemetaan spasial zona-zona lemah, seperti lapisan lempung lunak, kantong gas, atau bidang gelincir lama, yang mungkin tidak terdeteksi oleh program bor konvensional (Pastor et al., 2019). Dalam konteks lingkungan pesisir yang dinamis dan kompleks, kemampuan untuk memprediksi heterogenitas bawah permukaan ini merupakan landasan bagi desain yang aman, efisien, dan berkelanjutan (Zakaria et al., 2024).

Lebih lanjut, keandalan model spasial seringkali mengandung ambiguitas interpretasi. Di sinilah integrasi dengan data geoteknik berperan penting untuk melakukan kalibrasi dan validasi numerik (Amer et al., 2023; Holbach et al., 2021). Data sifat teknis tanah dari bor digunakan untuk memberikan nilai konstrain fisik pada parameter, meningkatkan akurasi interpretasi fasies sedimen. Teknik geostatistik seperti kriging kemudian dapat diaplikasikan untuk menginterpolasi data antara titik bor, menghasilkan model 3D yang lebih padat dan representatif (Tonni & Gottardi, 2020).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini berfokus pada penerapan pendekatan integratif spasial-geoteknik untuk pemodelan 3D kondisi bawah permukaan di lokasi rencana pembangunan breakwater. Dengan mengembangkan model sub-permukaan yang terkalibrasi dan akurat, diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kokoh untuk tahap perencanaan dan desain, sekaligus menekan risiko kegagalan konstruksi dan biaya tak terduga di masa depan.

Sebagian besar penelitian terdahulu dalam pemodelan stratigrafi tiga dimensi menggunakan data geofisika atau CPT sebagai sumber utama. Penelitian yang memanfaatkan data hand boring dalam jumlah terbatas untuk membangun model stratigrafi 3D pada wilayah pesisir berskala lokal masih relatif terbatas, khususnya di Pantai Papal. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada

integrasi data hand boring dalam sistem spasial sebagai pendekatan representatif untuk studi pendahuluan kondisi bawah permukaan di area breakwater.

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 studi berdasarkan data *hand boring*?
2. Bagaimana representasi model tiga dimensi (3D) hasil integrasi data spasial dan geoteknik?
3. Sejauh mana integrasi dan validasi silang data spasial dengan data geoteknik dapat meningkatkan keandalan interpretasi kondisi bawah tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis kondisi stratigrafi serta klasifikasi tanah dasar pada lokasi penelitian berdasarkan data hand boring.
2. Membangun model tiga dimensi (3D) yang terintegrasi untuk memvisualisasikan sebaran lapisan tanah.
3. Mengevaluasi dan memvalidasi hasil interpretasi model spasial dengan data geoteknik untuk menghasilkan karakterisasi yang lebih akurat dan reliabel.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Wilayah studi dibatasi pada area rencana pembangunan infrastruktur kelautan tertentu (di Perairan Pantai Papal).
2. Data geoteknik bersumber dari hasil penyelidikan tanah (*handboring*) dengan jumlah titik bor 9 titik.

3. Parameter geoteknik yang dikorelasikan terutama adalah *hand boring*, menentukan klasifikasi tanah pada area breakwater.
4. Pemodelan 3D difokuskan pada zona kedalaman yang relevan.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan kontribusi ilmiah dalam bidang geoteknik dan rekayasa pantai, khususnya terkait analisis stratigrafi tanah dan penerapan pemodelan tiga dimensi (3D) berbasis integrasi data spasial dan geoteknik.
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam penerapan metode *hand boring* yang diintegrasikan dengan pemodelan 3D sebagai pendekatan analisis kondisi bawah permukaan, sehingga dapat menjadi alternatif metode penelitian pada wilayah pesisir dengan keterbatasan data.
3. Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran kondisi stratigrafi bawah permukaan di area breakwater Pantai Selat Baru, yang dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi teknis, perencanaan perkuatan tanah, maupun pengembangan struktur pelindung pantai.
4. Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah atau instansi terkait dalam pengelolaan wilayah pesisir, khususnya dalam perencanaan pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur pantai yang lebih berkelanjutan.
5. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dan acuan untuk pengembangan studi lanjutan yang berkaitan dengan pemodelan bawah permukaan, integrasi data geoteknik, maupun kajian dinamika sedimen di kawasan pesisir.