

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur maritim merupakan elemen penting dalam mendukung kelancaran aktivitas transportasi laut dan logistik di Indonesia. Salah satu fasilitas yang memiliki peran krusial adalah *breakwater* atau pemecah gelombang, yang berfungsi untuk melindungi area sandar kapal dari pengaruh gelombang dan angin muson sehingga aktivitas pelabuhan dapat berlangsung dengan aman dan stabil. Dalam pembangunan *breakwater*, kondisi tanah dasar menjadi aspek yang sangat penting, terutama pada wilayah pesisir yang didominasi tanah lunak. Beban timbunan batu dan material penyusun *breakwater* dapat meningkatkan tekanan air pori dan memicu penurunan tanah (*settlement*) dalam jangka waktu yang lama apabila tanah belum terkonsolidasi dengan baik. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan deformasi, penurunan diferensial, hingga menurunkan stabilitas struktur *breakwater* terhadap beban gelombang laut. Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan tanah yang mampu mempercepat proses konsolidasi, salah satunya dengan penggunaan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. PVD berfungsi sebagai saluran drainase vertikal yang mempercepat disipasi tekanan air pori sehingga proses peningkatan kuat geser tanah berlangsung lebih cepat. Dengan penggunaan PVD, tanah dasar *breakwater* dapat mencapai kondisi yang lebih stabil dalam waktu yang lebih singkat sehingga risiko *settlement* berlebih pada struktur *breakwater* dapat diminimalkan. Lamongan *Shorebase*, sebagai salah satu pusat logistik dan pelabuhan di pesisir utara Jawa Timur, menghadapi tantangan dalam menjaga stabilitas kapal yang bersandar akibat pengaruh angin muson barat yang kuat. Keberadaan jetty di area ini memperbesar kebutuhan akan *breakwater* yang memadai guna memastikan keamanan dan efisiensi operasional bongkar muat kapal..

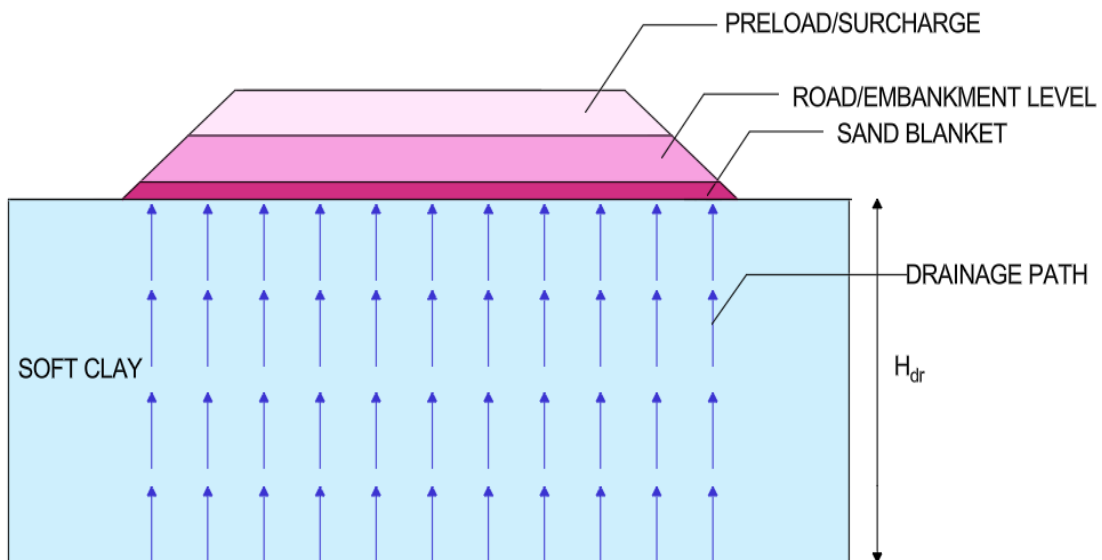
Namun, pembangunan *breakwater* di lingkungan laut Lamongan *Shorebase* tidak dapat dilakukan tanpa mempertimbangkan karakteristik tanah dasar yang sebagian besar terdiri dari tanah lunak dengan tingkat konsolidasi rendah. Tanah lunak yang belum mengalami konsolidasi secara maksimal berisiko mengalami penurunan (*settlement*) berlebih, yang berpotensi menyebabkan kegagalan struktur *breakwater*. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang optimal dalam desain dan konstruksi *breakwater*, termasuk pemilihan material yang tepat, teknik perkuatan tanah, serta metode percepatan konsolidasi yang efektif agar *breakwater* dapat dibangun dengan aman dan efisien.

Preloading adalah metode pemberian beban sementara (timbunan) yang lebih besar dari beban konstruksi yang direncanakan untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung. Untuk meningkatkan efektivitas, metode ini sering dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*, yang merupakan drainase vertikal dari geosintetik untuk mempercepat aliran air pori secara horizontal. Kombinasi preloading dan PVD mempercepat konsolidasi primer tanpa mengubah total penurunan, hanya mempercepat waktu penurunan. PVD biasanya dipasang dengan pola bujur sangkar atau segitiga, dengan jarak antar drainase lebih kecil dari tebal

lapisan lempung, dan efektif untuk lapisan lempung tebal. Desain yang efektif memerlukan data koefisien konsolidasi horizontal dan vertikal (C_h dan C_v), dengan rasio C_h/C_v idealnya antara 1 hingga 2.

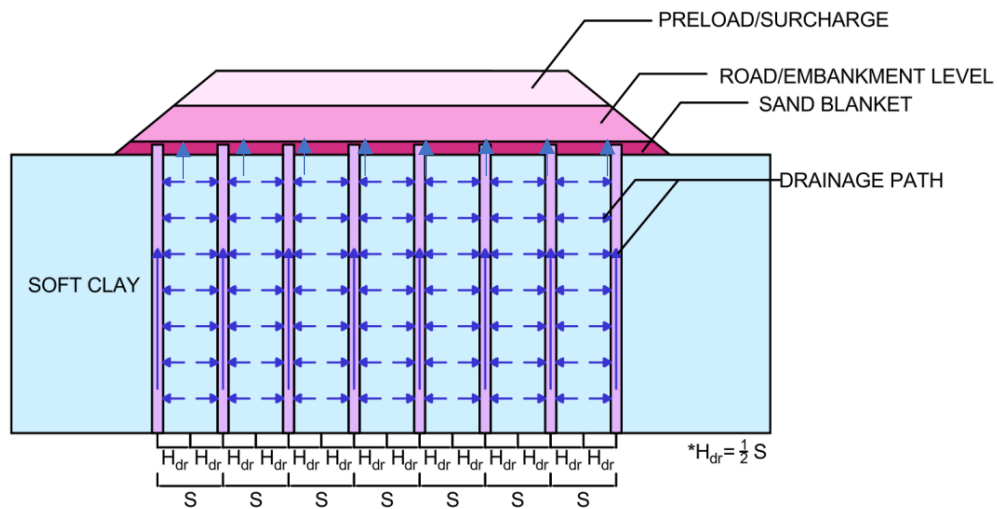
Berbagai penelitian telah mengkaji metode efektif dalam pembangunan *breakwater* di atas tanah lunak. Studi oleh Daniel Jesayanto Jaya (2023) menegaskan bahwa *breakwater* berperan penting dalam mitigasi abrasi dan erosi pantai dengan pemilihan jenis struktur yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah pesisir. Sementara itu, penelitian oleh Arief Fachrur Rozi dan Isnaniati (2014) berjudul “Perencanaan Perbaikan Tanah Metode *Preloading* Dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) (Studi Kasus Pengembangan Terminal Peti Kemas Belawan–Medan)” menunjukkan bahwa kombinasi metode *preloading* dan PVD mampu mempercepat proses konsolidasi serta meningkatkan daya dukung tanah lunak secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu konsolidasi yang secara alami membutuhkan waktu sangat lama dapat dipercepat menjadi hanya sekitar 12 minggu dengan penggunaan PVD. Penelitian Athaya Zhafirah dan Dewi Amalia (2019) mengenai stabilisasi tanah lunak di Jalan Tol Pejagan–Pemalang juga menunjukkan efektivitas metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang dikombinasikan dengan *preloading* dalam mempercepat proses konsolidasi. Metode ini mampu mengurangi waktu penurunan tanah dari puluhan tahun menjadi hanya 11 minggu serta meningkatkan daya dukung tanah.

Berdasarkan penjelasan di atas, metode perbaikan tanah menggunakan PVD dan *preloading* menjadi alternatif dalam keberhasilan pembangunan *breakwater* di Lamongan *Shorebase* seperti ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 1.1 dan 1.2 sebagai berikut (pembahasan lebih lanjut disajikan pada bab IV).



Gambar 1. 1 Ilustrasi Aliran Air Tanah (Drainage) Tanpa PVD

Sumber : Data Pribadi (2025)



Gambar 1. 2 Ilustrasi Aliran Air Tanah (Drainage) Dengan PVD

Sumber : Data Pribadi (2025)

Pada Gambar 1.1 ditunjukkan kondisi aliran air pori pada tanah tanpa menggunakan PVD, di mana proses konsolidasi berlangsung sangat lambat karena air hanya dapat mengalir secara vertikal ke permukaan. Sementara itu, Gambar 1.2 menggambarkan kondisi tanah dengan pemasangan PVD, di mana air pori dapat mengalir secara horizontal menuju elemen drainase (PVD) kemudian naik secara vertical ke permukaan akibat beban preloading. Dengan adanya jalur aliran tambahan secara horizontal, jarak tempuh air pori menjadi lebih pendek sehingga waktu konsolidasi tanah menjadi jauh lebih cepat.

Parameter H_{dr} yaitu kedalaman efektif pengaruh drainase vertikal, umumnya diukur dari permukaan tanah hingga lapisan kedap air (*impermeable layer*) atau batas bawah pemasangan PVD. Nilai H_{dr} menentukan volume tanah yang akan mengalami proses konsolidasi. Jarak antar drain (S), yaitu jarak horizontal antar titik pemasangan PVD. Variasi jarak ini sangat mempengaruhi kecepatan konsolidasi semakin rapat jarak PVD, maka semakin cepat air pori keluar dan semakin cepat pula tanah mengalami penurunan konsolidasi. Penerapan PVD dengan *preloading* dengan menggunakan pola dan variasi yang tepat diharapkan dapat memperoleh waktu konsolidasi yang seperti yang direncanakan.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi penurunan dan waktu penurunan konsolidasi alami (tanpa PVD) pada derajat konsolidasi minimum 90%?
2. Bagaimana hasil perhitungan setelah menggunakan PVD kombinasi *preloading* terhadap kedalaman PVD dengan variasi pola pemasangan dan jarak spasi, secara analitis dan menggunakan aplikasi Settle 3D?
3. Bagaimana desain perencanaan PVD yang efektif untuk mengoptimalkan waktu percepatan konsolidasi tanah lempung?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari kegiatan penelitian yang akan dilakukan ini adalah untuk mengetahui :

1. Menganalisis kondisi penurunan dan waktu penurunan konsolidasi alami (tanpa PVD) pada derajat konsolidasi minimum 90%.
2. Membandingkan hasil perhitungan setelah menggunakan PVD kombinasi *preloading* terhadap kedalaman PVD dengan variasi pola pemasangan dan jarak spasi, secara analitis dengan menggunakan aplikasi Settle 3D.
3. Merancang desain perencanaan PVD yang efektif untuk mengoptimalkan waktu percepatan konsolidasi tanah lempung.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Memberikan referensi ilmiah terkait metode konsolidasi tanah di lingkungan laut, khususnya pada tanah lunak, untuk pengembangan studi geoteknik kelautan.
2. Memberikan rekomendasi teknis metode perbaikan tanah yang efisien dan tepat guna dalam mendukung pembangunan *breakwater* di Lamongan *Shorebase* yang aman dan berkelanjutan.

1.5. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya membahas perhitungan konsolidasi pembangunan *breakwater* di lingkungan laut dengan kondisi tanah lunak di Lamongan *Shorebase*.
2. Metode perbaikan tanah yang dikaji terbatas pada *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *preloading* sebagai metode percepatan konsolidasi.
3. Analisis dilakukan berdasarkan variasi pola pemasangan dan jarak spasi terhadap kedalaman PVD untuk menentukan efektivitasnya dalam meningkatkan stabilitas tanah.
4. Studi ini tidak memperhitungkan anggaran biaya dan efisiensi ekonomi, tetapi lebih fokus pada aspek teknis dan geoteknis dalam percepatan konsolidasi tanah.
5. Lokasi studi kasus pada segmen 11 atau SI-07 dengan kedalaman tanah clay : 38 m