

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Modernisasi sektor konstruksi saat ini sangat bergantung pada penggunaan berbagai jenis alat berat untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan produktivitas di lapangan. Alat berat seperti *Excavator*, *Crane*, dan *Buldozer* telah menjadi elemen penting dalam setiap tahap pembangunan, mulai dari pembukaan lahan awal hingga pekerjaan galian yang memiliki tingkat kerumitan tinggi. Namun, di balik keunggulannya dalam mempercepat pekerjaan, operasional alat berat tersebut membawa konsekuensi berupa beban mekanis yang sangat besar terhadap permukaan tanah. Tanpa analisis yang mendalam mengenai interaksi antara beban dinamis alat berat dan daya dukung tanah, risiko terjadinya kegagalan struktur atau deformasi tanah di area proyek akan meningkat secara signifikan.

Dalam manajemen pelaksanaan konstruksi, penempatan posisi alat berat sering kali dihadapkan pada tantangan keterbatasan lahan dan ruang gerak yang sempit. Kondisi ini sering kali memaksa alat berat untuk beroperasi sangat dekat dengan tepi galian atau struktur bangunan yang baru saja selesai dibangun, seperti dinding penahan tanah. Tekanan kontak yang dihasilkan oleh roda atau track alat berat menciptakan distribusi tegangan tambahan ke dalam lapisan tanah yang dapat memicu peningkatan tekanan tanah lateral secara drastis. Oleh karena itu, penentuan zonasi atau jarak aman operasional menjadi parameter yang sangat krusial guna menjamin integritas struktur dan keselamatan kerja di seluruh area proyek selama masa konstruksi berlangsung.

Dalam proses pelaksanaan konstruksi kanal dapat terjadi perubahan kondisi lapangan yang berbeda dari asumsi awal perencanaan. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah adanya beban tambahan dari alat berat yang beroperasi di sekitar struktur kanal. Penggunaan *Excavator* dengan kapasitas besar diperlukan untuk pekerjaan galian dan pemindahan material, namun beban yang ditimbulkan

dapat memengaruhi stabilitas struktur dinding penahan tanah. Beban tersebut bekerja sebagai beban tambahan di atas tanah belakang dinding, yang berpotensi meningkatkan tekanan tanah lateral. Apabila tidak diperhitungkan secara tepat, kondisi ini dapat menyebabkan penurunan kinerja struktur.

Permasalahan kemiringan pada DPT dapat terjadi selama tahap konstruksi ketika terjadi interaksi antara beban eksternal, karakteristik tanah, dan pekerjaan alat berat, seperti *Excavator*. Aktivitas *Excavator* dapat memberikan beban tambahan pada tanah di belakang DPT, sehingga berpotensi mempercepat deformasi dan kemiringan struktur. Menurut Gazali & Purnama (2020) Analisis perilaku deformasi lateral pada *retaining wall* menunjukkan bahwa deformasi dapat diukur secara signifikan untuk mengetahui total *displacement* yang terjadi akibat beban eksternal.

Permasalahan utama terjadi pada STA 0+210 hingga STA 0+220, di mana dinding penahan tanah mengalami kemiringan selama masa konstruksi, dapat dilihat pada gambar (1.1). Berdasarkan pengamatan di lapangan, diduga bahwa aktivitas alat berat jenis *Excavator* Hyundai R140LC-9S yang beroperasi terlalu dekat dengan tepi dinding menjadi pemicu utama. *Excavator* tersebut memberikan beban tambahan (*surcharge load*) yang melampaui kapasitas dukung tanah dan tekanan lateral izin pada struktur DPT. Sebagaimana dijelaskan oleh Hardiyatmo (2010), distribusi beban di atas permukaan tanah akan memberikan tambahan tekanan tanah lateral yang berbanding lurus dengan besarnya beban dan berbanding terbalik dengan jaraknya dari dinding.



Gambar 1.1 Kemiringan pada kanal
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2025

Penelitian terdahulu telah banyak membahas mengenai analisis stabilitas dinding penahan tanah dengan berbagai metode. Namun, studi yang secara spesifik mengkaitkan jarak aman operasional unit alat berat tertentu masih terbatas. Pamungkas & Harianti (2013) menyatakan bahwa dalam desain dinding penahan

tanah, faktor beban dinamis dari alat berat seringkali hanya didekati dengan beban merata statis, yang terkadang tidak merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Hal ini menyebabkan adanya celah informasi mengenai prosedur operasional standar bagi operator alat berat di lapangan.

Kesenjangan penelitian dalam kasus ini terletak pada ketiadaan parameter jarak aman yang presisi untuk unit *Excavator* Hyundai R140LC-9S pada kondisi tanah di Batam. Penelitian umum di Indonesia sering kali berfokus pada perkuatan dindingnya saja, tanpa memberikan panduan operasional jarak alat berat saat masa konstruksi. Selain itu, belum ada analisis yang menggunakan pemodelan PLAXIS untuk merekonstruksi kejadian kegagalan pada DPT dengan mempertimbangkan karakteristik alat berat spesifik. Penggunaan metode elemen hingga sangat krusial karena menurut Prakoso (2016), metode numerik mampu memberikan gambaran mekanisme keruntuhan tanah secara lebih detail dibandingkan metode kesetimbangan batas konvensional. Oleh karena itu, diperlukan studi kuantitatif yang mampu mensimulasikan berbagai variasi jarak operasional untuk mendapatkan angka keamanan yang valid.

Penelitian ini hadir untuk menutup kesenjangan tersebut dengan melakukan analisis numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS. Dengan memasukkan input data tanah hasil *soil test* langsung dari lokasi di Batam, simulasi ini akan memberikan gambaran deformasi yang lebih akurat. Fokus utama adalah menentukan titik kritis di mana beban *Excavator* Hyundai R140LC-9S mulai menyebabkan pergeseran pada DPT. Hasil dari penelitian ini akan memperbaiki asumsi-asumsi desain yang selama ini dianggap aman namun ternyata berisiko tinggi. Kontribusi baru yang ditawarkan adalah berupa tabel rekomendasi jarak aman operasional yang dapat langsung diaplikasikan oleh para praktisi di lapangan.

Analisis stabilitas menggunakan PLAXIS memungkinkan peneliti untuk melihat distribusi arah pergerakan tanah. Perangkat lunak ini mampu memodelkan perilaku tanah non-linear yang sangat sesuai dengan kondisi lapangan di area kanal Batam. Dengan memasukkan beban operasional *Excavator* sebagai beban titik, kita dapat mengidentifikasi *Factor of Safety* (FS) pada setiap perubahan jarak satu meter dari dinding. Hal ini memberikan dasar ilmiah yang jauh lebih kuat dibandingkan

sekadar menggunakan perhitungan manual yang terbatas. Penemuan dari analisis ini diharapkan dapat menjadi rujukan teknis bagi kontraktor dalam menyusun *Method Statement* kerja yang lebih aman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya pengaruh beban alat berat terhadap penurunan stabilitas dinding pada titik yang mengalami kemiringan. Selain itu, tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk menentukan jarak aman operasional minimal bagi *Excavator* Hyundai R140LC-9S terhadap dinding penahan tanah di proyek kanal Batam. Dengan mengetahui angka pasti jarak aman, risiko kegagalan struktur serupa di masa depan dapat diminimalisir secara efektif. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya literatur teknik sipil mengenai interaksi tanah dan struktur dengan beban hidup dinamis.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah :

1. Berapakah nilai Faktor Keamanan (FK) pada struktur Dinding Penahan Tanah (DPT) kanal di STA 0+220 - 0+230 saat kondisi awal sebelum adanya beban alat berat?
2. Berapakah persentase pengaruh beban *Excavator* Hyundai R140LC-9S terhadap penurunan stabilitas pada struktur DPT kanal tersebut berdasarkan simulasi PLAXIS dan perhitungan manual?
3. Apakah posisi *Excavator* Hyundai R140LC-9S pada saat proses konstruksi merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya kemiringan struktur DPT di lokasi studi kasus?
4. Berapakah jarak aman minimum (L) dari tepi DPT untuk *Excavator* Hyundai R140LC-9S agar stabilitas struktur tetap memenuhi syarat keamanan?

1.3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah dapat memuatkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai Faktor Keamanan (F_K) pada struktur dinding penahan tanah (DPT) kanal di STA 0+220 - 0+230 sebelum diberikan beban tambahan alat berat untuk memastikan kekuatan desain awal.
2. Menganalisis besarnya pengaruh beban operasional *Excavator* Hyundai R140LC-9S terhadap stabilitas dan besarnya pergeseran struktur DPT menggunakan simulasi perangkat lunak PLAXIS dan perhitungan manual.
3. Mencari tahu apakah posisi operasional *Excavator* Hyundai R140LC-9S pada saat proses konstruksi menjadi penyebab utama terjadinya kemiringan struktur DPT pada lokasi tersebut.
4. Menentukan batasan jarak aman operasional minimum bagi *Excavator* Hyundai R140LC-9S di tepi DPT agar angka keamanan struktur tetap memenuhi kriteria.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ada beberapa hal antara lain adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam memahami interaksi antara tanah, struktur penahan, dan beban dinamis alat berat melalui analisis elemen hingga.
2. Menjadi sumber referensi atau data sekunder bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengkaji topik serupa mengenai stabilitas struktur penahan tanah dengan variasi beban surcharge yang berbeda.
3. Membuktikan efektivitas penggunaan perangkat lunak PLAXIS dalam memecahkan permasalahan geoteknik yang kompleks dibandingkan dengan perhitungan manual konvensional.

4. Memberikan pedoman teknis yang akurat mengenai jarak aman operasional excavator, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan struktur DPT pada tahap konstruksi di masa depan.
5. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penyusunan SOP mobilisasi alat berat di area sensitif geoteknik untuk meningkatkan standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di lokasi proyek.

1.5. Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah penelitian yang disusun agar ruang lingkup penelitian jelas, terarah, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan :

1. Penelitian dilakukan khusus pada struktur Dinding Penahan Tanah (DPT) kanal di proyek penginapan mewah, Batam, pada segmen STA 0+220 sampai dengan STA 0+230.
2. Data tanah dan parameter geoteknik yang digunakan dalam analisis mengacu pada data hasil penyelidikan tanah yang tersedia pada proyek, tanpa melakukan pengujian laboratorium tambahan.
3. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya, waktu pelaksanaan, dan metode konstruksi secara detail, namun difokuskan pada aspek teknis stabilitas yaitu guling, geser dan kapasitas dukung.
4. Beban konstruksi yang diperhitungkan dalam penelitian ini dibatasi pada pengaruh alat berat *Excavator* Hyundai R140LC-9S, sedangkan beban dari alat berat jenis lain tidak diperhitungkan secara rinci.
5. Jenis DPT yang dianalisis adalah DPT eksisting yaitu kanal yang berfungsi menahan tanah, tanpa membahas variasi tipe DPT lainnya di luar lokasi studi kasus.
6. Bentuk DPT yang ditinjau sesuai dengan DPT eksisting yaitu pada struktur PC-01, TB-01 dan TB-02 (Model 1 dan Model 2) sesuai dengan gambar (2.1), yang menjadi fokus utama pada penelitian ini.

7. Simulasi numerik dan analisis stabilitas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS versi 2024.3.0.95 (metode elemen hingga) dan juga menggunakan perhitungan manual.
8. Analisis berfokus pada stabilitas eksternal (FK terhadap guling, geser, dan daya dukung), tidak membahas detail penulangan beton, stabilitas internal struktur DPT, penurunan DPT, dan tidak membahas lateral pada tiang.
9. Beban tambahan yang dianalisis adalah beban yang dihasilkan dari berat *Excavator* pada berbagai variasi jarak dalam kondisi diam, yang disederhanakan menjadi beban garis.
10. Penentuan jarak aman dilakukan berdasarkan nilai faktor keamanan yang memenuhi persyaratan.
11. Metode analisis menggunakan metode pendekatan dari BAB II Tinjauan Pustaka, tanpa menggunakan pendekatan atau persamaan lain.
12. Satuan berat yang digunakan adalah kilo newton (kN) atau ton (t).