

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas seismik paling aktif di dunia karena terletak pada zona pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. lempeng tersebut membentuk zona konvergen yang menghasilkan mekanisme subduksi di sepanjang pantai barat Sumatera. Proses subduksi ini berlangsung secara kontinu dan menjadi sumber utama aktivitas seismik di wilayah tersebut. Aktivitas seismik yang tinggi menyebabkan kawasan Sumatera rawan terhadap gempa bumi tektonik dengan skala magnitudo yang bervariasi, mulai dari gempa kecil hingga gempa besar yang berpotensi menimbulkan kerusakan struktural. Guncangan yang dihasilkan dari peristiwa gempa tersebut memberikan pengaruh langsung terhadap kondisi tanah, terutama pada tanah lunak yang memiliki kecenderungan mengalami amplifikasi gelombang seismik (Prawirodirjo, 2000).

Karakteristik tanah lunak sering menjadi tantangan utama dalam rekayasa geoteknik karena respons dinamis tanah dapat meningkatkan deformasi dan gaya yang diterima oleh struktur, khususnya pada struktur pondasi (Garala and Madabhushi, 2019). Pondasi *bore pile* digunakan untuk menopang struktur bangunan dalam menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih stabil pada kedalaman tertentu. Karena *bore pile* memiliki keunggulan dalam menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih stabil pada kedalaman tertentu. Namun, efektivitas *bore pile* sangat bergantung pada interaksi antara tanah dan struktur pondasi selama peristiwa seismik (Hokmabadi et al., 2014).

Salah satu penerapan *bore pile* pada kondisi tanah lunak terdapat pada pembangunan Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara. Berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT), lokasi ini memiliki tanah dengan daya dukung rendah dan potensi amplifikasi gelombang seismik yang tinggi. (Risadkk, 2023) menyatakan bahwa lapisan lempung lunak seperti ini dapat meningkatkan amplitudo gelombang gempa hingga 2–3 kali lipat karena modulus

elastisitas tanah yang rendah, sehingga energi getaran yang merambat ke permukaan menjadi lebih besar dan berpotensi merusak struktur pondasi *bore pile* yang berada di atasnya.

(Castelli et al., 2021) melakukan analisis interaksi tanah dan struktur pada pemodelan tiang dengan *Plaxis* 3D. Beban gempa memicu deformasi tanah yang signifikan dan perubahan distribusi tegangan di sekitar tiang, sehingga meningkatkan respons lentur pada elemen pondasi. Dan (Le Bao Quoc, 2025) juga menganalisis perilaku tiang tunggal dan kelompok tiang pada tanah lunak akibat beban seismik. Konfigurasi pondasi dan karakteristik tanah mempengaruhi besarnya perpindahan lateral serta gaya dalam yang terjadi pada pondasi tiang. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui bagaimana karakteristik tanah lunak tersebut memberikan respons terhadap beban gempa, khususnya dalam mendukung sistem pondasi *bore pile* yang digunakan pada bangunan di wilayah rawan gempa.

Berdasarkan hal di atas, Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara penting untuk diteliti dalam menganalisis nilai amplifikasi gelombang seismik pada tanah lunak menggunakan perangkat lunak *Deepsoil*. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi respons dinamis tanah terhadap rekaman gempa yang digunakan sebagai dasar dalam evaluasi perilaku seismik pondasi *bore pile* melalui pemodelan tiga dimensi pada perangkat lunak *Plaxis* 3D. Pemodelan pondasi dilakukan untuk menilai respons deformasi dan penurunan akibat pembebanan gempa dengan memanfaatkan data *Cone Penetration Test* (CPT) pada Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara sebagai parameter tanah dalam analisis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Seberapa besar nilai amplifikasi gelombang seismik di tanah lunak pada situs Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara?
2. Seberapa besar nilai deformasi dan penurunan *bore pile* di tanah lunak pada situs Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya nilai amplifikasi gelombang seismik di tanah lunak pada situs Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara?
2. Untuk mengetahui besarnya deformasi dan penurunan *bore pile* di tanah lunak pada situs Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Labuhan Batu Utara?

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hasil dari analisis amplifikasi tanah menggunakan perangkat lunak *Deepsoil* serta perilaku seismik *bore pile* di tanah lunak berdasarkan hasil simulasi menggunakan *plaxis* 3D pada Gedung Perpustakaan Daerah.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis bagi para perencana, insinyur sipil, dan praktisi geoteknik dalam merencanakan dan mengevaluasi pondasi *bore pile* pada daerah bertanah lunak dan rawan gempabumi, khususnya dalam mempertimbangkan pengaruh amplifikasi tanah, deformasi dan penurunan pondasi akibat beban seismik.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan permasalahan pada penelitian ini maka di terapkan batasan penelitian yaitu:

1. Data tanah yang digunakan dalam analisis ini adalah data *cone penetration test* (CPT)
2. Pondasi yang digunakan adalah pondasi *bore pile* tiang tunggal
3. Pengolahan data untuk memperoleh nilai kecepatan gelombang geser (*shear wave velocity, V_s*) digunakan persamaan dari (Mayne and Rix, 1995).

4. Analisis amplifikasi tanah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *deepsoil v7*
5. Analisis perilaku seismik *bore pile* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *plaxis 3D*

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri atas beberapa tahapan yang dilaksanakan secara sistematis, yaitu studi literatur dan identifikasi masalah sebagai tahap awal. Tahap berikutnya meliputi pengumpulan data sekunder serta pengolahan data untuk memperoleh nilai kecepatan gelombang geser (V_s). Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kelas situs tanah berdasarkan SNI 03-1726-2019. Analisis amplifikasi gelombang seismik pada tanah lunak dilakukan melalui pendekatan *nonlinier* pada perangkat lunak *deepsoil v7* untuk mengetahui respons tanah terhadap beban dinamik. Hasil analisis tersebut kemudian menjadi dasar dalam evaluasi perilaku seismik pondasi *bore pile* di tanah lunak melalui pemodelan *plaxis 3D*. Tanah dimodelkan menggunakan model *mohr coulomb*, sedangkan pondasi dimodelkan dengan model konstitutif *linear elastic model* (LEM). Pemodelan ini menerapkan rekaman gempa *thoakhci-oki* dan *valparaiso* sebagai input beban dinamik untuk merepresentasikan pengaruh pembebanan gempa terhadap respons pondasi.

1.7 Hasil Penelitian

Penentuan kelas situs tanah mengacu pada SNI 03-1726-2019. Hasil menunjukkan bahwa titik CPT-01, CPT-02, dan CPT-03 termasuk kedalam kelas situs tanah lunak (SE) yang di buktikan dengan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) kurang dari <175 m/s. Analisis rambatan gelombang seismik menggunakan perangkat lunak *deepsoil* dengan pendekatan *nonlinier* dan input gempa *thoakhci-oki* serta *valparaiso* menunjukkan nilai amplifikasi maksimum sebesar 1,430 dan 1,564 pada titik CPT-01. Pada titik CPT-02 menunjukkan nilai amplifikasi maksimum sebesar 1,498 dan 1,909. Dan pada titik CPT-03 menunjukkan nilai amplifikasi maksimum sebesar 1,097 dan 0,787. Serta hasil analisis perilaku seismik pondasi *bore pile* menggunakan pemodelan *plaxis 3D* menunjukkan

respons deformasi lateral yang berbeda pada kedua skenario gempa. Pada gempa *valparaiso*, deformasi maksimum terjadi 15,722 mm pada arah (y) dan 1,510 mm pada arah (x), sedangkan pada gempa *thoakhci-oki* deformasi maksimum terjadi sebesar 0,256 mm pada arah (x) dan 0,192 mm pada arah (y). Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa terjadinya penurunan *bore pile* akibat gempa *valparaiso* sebesar 23,400 mm, sedangkan pada gempa *thoakhci-oki* sebesar 4,052 mm.