

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur transportasi merupakan salah satu sektor yang terus mengalami peningkatan kebutuhan, terutama pada wilayah dengan perkembangan ekonomi yang pesat. Jalan raya memiliki peran penting dalam menunjang keterhubungan antar wilayah serta distribusi barang dan jasa (Usman et al., 2025). Pembangunan jalan sering menghadapi tantangan besar ketika berada pada kondisi tanah lunak, yang umum ditemukan di wilayah pesisir, dataran rendah, serta area rawa di Indonesia (Badan Geologi Kementerian ESDM, 2019; Prayitno & Purwanto, 2025).

Tanah lunak umumnya memiliki kuat geser yang rendah, mudah mampat, dan permeabilitas rendah, sehingga air pori keluar lebih lambat (Naibaho & Waruwu, 2021). Akibat kombinasi sifat tersebut, konstruksi atau timbunan di atas tanah lunak menjadi kurang stabil, mengalami penurunan yang cukup besar dan berlangsung lama, serta berpotensi menimbulkan deformasi lateral saat menerima beban (Zahera et al., 2021). Karakteristik tanah lunak menyebabkan proses perbaikan tanah menjadi kebutuhan utama sebelum pembangunan konstruksi permanen dilakukan.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk perbaikan tanah lunak dalam mempercepat proses konsolidasi yaitu metode *preloading*. Metode *preloading* biasanya dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk mempercepat keluarnya tekanan pori berlebih, sehingga konsolidasi tanah dapat dicapai lebih cepat. PVD bekerja dengan cara menyediakan jalur drainase vertikal dan horizontal yang mempercepat keluarnya tekanan pori akibat penambahan beban timbunan (Kurniawan et al., 2025). Dengan demikian, tanah lunak dapat mengalami peningkatan tegangan efektif dan kuat geser tak terdrainase (*undrained*) lebih cepat dibandingkan apabila *preloading* dilakukan tanpa PVD (Panduan Geoteknik 4: Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak, 2002).

Kombinasi metode *preloading* dan PVD terbukti efektif dalam mempercepat proses konsolidasi, namun deformasi lateral masih dapat terjadi akibat tekanan lateral tanah yang meningkat ketika beban *preloading* ditambahkan lebih cepat dibandingkan

kecepatan disipasi tekanan pori (Yi & Liu, 2022). Kondisi tersebut semakin berisiko pada tanah lunak yang masih berada pada fase *undrained* meskipun PVD telah terpasang, terutama jika pembebanan dilakukan terlalu cepat tanpa mempertimbangkan respon konsolidasi tanah.

Hal serupa juga diamati pada Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400, yang menjadi lokasi penelitian ini. Tanah lunak mendominasi lapisan bawah konstruksi jalan, dan metode perbaikan tanah menggunakan *preloading* dan PVD telah diterapkan. Namun hasil *monitoring* inklinometer menunjukkan peringatan *hold* penimbunan akibat indikasi ketidakstabilan tanah dari pergerakan lateral yang terjadi seperti ditunjukkan pada Lampiran 12. Selain itu, pada beberapa bagian di sekitar lokasi *preloading* juga dijumpai indikasi retak yang diduga berkaitan dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) selama proses konsolidasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa respons tanah selama tahap pembebanan perlu dievaluasi lebih lanjut, khususnya terkait pengaturan *stage loading*, guna meminimalkan deformasi lateral dan potensi gangguan stabilitas selama konstruksi.

Pada *stage loading*, beban timbunan dinaikkan secara bertahap untuk memberikan waktu bagi tanah lunak melakukan disipasi tekanan pori dan meningkatkan kekuatan geser sebelum menerima beban tambahan (Panduan Geoteknik 4: Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak, 2002). Namun, deformasi lateral yang terjadi pada Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400 menunjukkan bahwa tahap pembebanan aktual kemungkinan belum optimal.

Pentingnya pengendalian deformasi lateral dan stabilitas timbunan pada lokasi ini juga berkaitan langsung dengan keselamatan lingkungan sekitar. Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan, kawasan di sekitar STA 10+400 diapit oleh permukiman warga pada sisi kiri dan kanan timbunan, serta terdapat jalan akses lokal yang melintang di bawah struktur jalan tol. Apabila terjadi kelongsoran atau deformasi lateral yang berlebihan, dampaknya tidak hanya mengancam struktur jalan tol itu sendiri melainkan berpotensi membahayakan keselamatan warga yang bermukim di sekitar lokasi dan mengganggu akses jalan yang masih aktif digunakan oleh masyarakat.

Badarinath & El Naggat (2021b) menyatakan bahwa perbedaan kenaikan tinggi timbunan pada setiap tahap dapat memengaruhi besarnya pergerakan lateral sekaligus tingkat kestabilan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh variasi *stage loading* terhadap deformasi lateral melalui pemodelan PLAXIS 2D, serta memberikan rekomendasi skema *stage loading* yang lebih optimal untuk kondisi tanah lunak pada lokasi tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam menganalisis potensi deformasi lateral yang terjadi pada Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400 akibat proses *preloading* dan PVD, terdapat beberapa rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana respon deformasi lateral pada kondisi aktual berdasarkan pemodelan menggunakan PLAXIS 2D?
2. Bagaimana pengaruh variasi target derajat konsolidasi (U) dengan laju penimbunan tetap terhadap respon deformasi lateral berdasarkan pemodelan PLAXIS 2D?
3. Bagaimana pengaruh variasi laju penimbunan pada target derajat konsolidasi (U) tetap terhadap respon deformasi lateral berdasarkan pemodelan PLAXIS 2D?
4. Bagaimana hasil perbandingan setiap skenario *stage loading* yang dianalisis, dan skenario mana yang paling optimal dalam mereduksi deformasi lateral?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari analisis potensi deformasi lateral yang terjadi pada Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400 akibat proses *preloading* dan PVD adalah:

1. Menganalisis respon deformasi lateral akibat penerapan variasi *stage loading* pada kondisi aktual.
2. Menganalisis respon deformasi lateral akibat penerapan variasi target derajat konsolidasi (U) pada laju penimbunan tetap.
3. Menganalisis respon deformasi lateral akibat penerapan variasi laju penimbunan pada target derajat konsolidasi (U) tetap.

4. Menentukan skenario *stage loading* yang paling optimal dalam mereduksi deformasi lateral sebagai rekomendasi optimasi pembebanan pada pekerjaan *preloading* dan PVD di Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian analisis potensi deformasi lateral yang terjadi pada Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA 10+400 akibat proses *preloading* dan PVD adalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan pada kondisi *preloading* dengan PVD dan tidak mencakup analisis kondisi konstruksi akhir jalan, sehingga beban kendaraan dan struktur perkerasan tidak dimodelkan secara khusus.
2. Tinggi timbunan *preloading* yang digunakan dalam pemodelan merupakan tinggi timbunan ekuivalen yang telah memperhitungkan beban lalu lintas, beban perkerasan, dan *load ratio* sesuai data perencanaan proyek.
3. Penelitian ini tidak melakukan perencanaan ulang PVD. Parameter PVD seperti pola pemasangan, spasi, kedalaman, dan spesifikasi *drain* mengikuti data eksisting proyek.
4. Tinggi timbunan akhir yang ditinjau pada setiap variasi dibuat tetap/sama. Perbedaan antar skenario hanya terletak pada tahapan penimbunan, waktu tunggu antar tahap, dan laju penimbunan.
5. Skenario di luar variasi yang ditinjau dalam penelitian tidak termasuk dalam cakupan analisis.
6. Perhitungan manual dalam penelitian ini dibatasi pada analisis derajat konsolidasi dan penentuan waktu tunggu antar tahap penimbunan sebagai dasar penyusunan skenario *stage loading*. Analisis deformasi lateral dan *safety factor* dilakukan menggunakan program bantu PLAXIS 2D.
7. Pengaruh beban dinamis seperti gempa, getaran alat berat, atau lalu lintas selama konstruksi tidak dimodelkan secara khusus.
8. Hasil penelitian terbatas pada kondisi geoteknik dan geometri eksisting Proyek Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang, Seksi Sicincin – Lubuk Alung – Padang STA

10+400, sehingga rekomendasi *stage loading* optimal tidak otomatis berlaku untuk lokasi lain dengan karakteristik berbeda.

9. Penelitian tidak membahas aspek biaya konstruksi (*cost analysis*), termasuk perbandingan biaya antar skenario *stage loading*, biaya pemasangan PVD, biaya material timbunan, maupun perbandingan biaya antar skenario *stage loading*.

## 1.5 Lokasi Penelitian



**Gambar 1.1** Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth, diakses pada 18 Januari 2025