

Evaluasi Tanah Lunak pada Pembangunan Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Ruas Binjai – Langsa dengan Pendekatan Model Numerik 3 Dimensi

ALI HAIDAR BAQIR¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email: balihaidar95@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan menghadapi tantangan geoteknik berupa tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, dan waktu konsolidasi yang lama. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan perbaikan tanah menggunakan metode hidrolik berupa preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kombinasi metode tersebut dalam mempercepat konsolidasi tanah lunak menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D dengan model Hardening Soil. Pemodelan dilakukan terhadap beberapa variasi spasi PVD (1 m, 1,5 m, dan 2 m) serta kedalaman drainase (50% dan 100% dari kedalaman lapisan tanah lunak) dengan pola segiempat berdasarkan data parameter yang digunakan saat pemodelan menggunakan data PVD settlement plate. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan PVD secara signifikan mempercepat waktu konsolidasi dibandingkan preloading konvensional saja, dengan variasi spasi 1 m dan kedalaman 100% memberikan hasil paling optimal. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis untuk perbaikan tanah pada proyek infrastruktur di wilayah dengan kondisi tanah serupa.

Kata Kunci: tanah lunak, preloading, Prefabricated Vertical Drain (PVD), PLAXIS 3D, konsolidasi, perbaikan tanah.

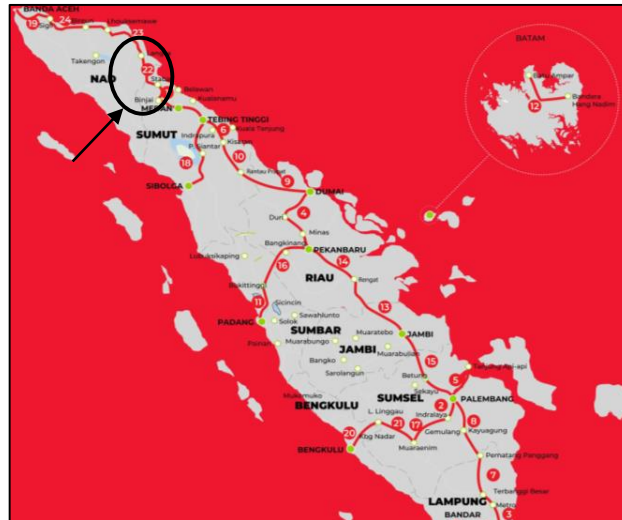
1. PENDAHULUAN

Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera, khususnya ruas Binjai–Pangkalan Brandan, menghadapi permasalahan geoteknik akibat dominasi tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, serta potensi penurunan besar dengan waktu konsolidasi yang lama. Kondisi ini dapat menurunkan stabilitas timbunan, mempengaruhi umur rencana jalan, dan menimbulkan risiko keselamatan bagi pengguna. Berbagai metode perbaikan tanah telah dikembangkan, salah satunya metode hidrolik dengan *preloading*. Namun, *preloading* konvensional membutuhkan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) sering digunakan secara bersamaan untuk memperpendek jalur aliran air pori sehingga mempercepat proses konsolidasi. Penelitian ini menganalisis efektivitas kombinasi *preloading* dan PVD menggunakan *Software* PLAXIS 3D dengan model *Hardening Soil*. Variasi jarak spasi (1 m, 1,5 m, dan 2 m) serta kedalaman drainase (50% dan 100%) ditinjau untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap percepatan konsolidasi. Data parameter yang digunakan yaitu hasil dari pemodelan menggunakan data monitoring *settlement plate* dengan

menggunakan spasi 1 m dan kedalaman 13 m. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis perbaikan tanah bagi proyek infrastruktur dengan kondisi serupa.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di Pulau Sumatera Utara yang berlokasi di Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan ruas Binjai – Langsa. Dapat dilihat pada **Gambar 1.** dibawah ini:



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Utama Karya, 2024)

Data yang digunakan meliputi data sekunder. Data sekunder yang digunakan merupakan penyelidikan tanah yang diperoleh dari laporan *Soil Investigation* pada Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan yang diperoleh dari P.T Utama Karya (Persero).

Data yang diperoleh yaitu data penyelidikan tanah dengan jenis tanah lempung setelah dilakukan pengujian dan memperoleh data monitoring *settlement plate* dengan spasi 1 m dan kedalaman PVD 13 m.

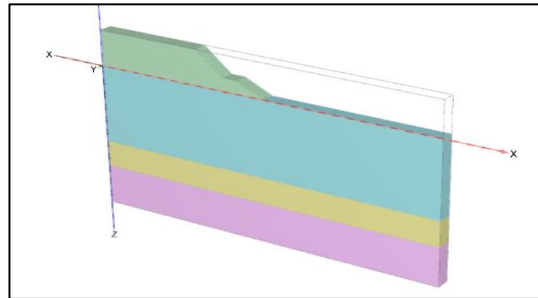
Pemodelan menggunakan *Software* Plaxis 3D menggunakan variasi spasi PVD (1 m, 1,5 m, dan 2 m) serta kedalaman pemasangan (50% dan 100% dari tanah lunak) menggunakan data parameter pemodelan dari data monitoring *settlement plate*. Data monitoring *settlement plate* yang didapat yaitu spasi 1 m dengan kedalaman 13 m, mendapatkan besar penurunan 0.761 m dan lama penurunan 143 hari. Setelah dilakukan pemodelan menggunakan data monitoring *settlement plate*, diambil data parameter untuk pemodelan variasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Tanah

Dalam melakukan analisis penurunan maka diperlukan hasil N-SPT. Data N-SPT merupakan hasil yang diperoleh dari metode korelasi menggunakan data tanah, data tanah berupa uji *Standard Penetration Test* (SPT) hasil *boring log* pada Proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan ruas Binjai – Langsa. Pembebanan awal (*preloading*) dibagi menjadi beberapa bagian yang dilakukan dengan pemberian beban secara bertahap lapis per lapis dengan lapisan per 1 m.

Pemodelan pada lapisan tanah yang digunakan adalah metode korelasi N-SPT dengan melakukan pendekatan kembali berdasarkan data penyelidikan tanah dilokasi yang ditinjau. Sebelum dilakukan pemodelan eksisting dan variasi spasi, dilakukan terlebih dahulu pemodelan menggunakan data monitoring *settlement plate* dengan spasi 1 m dan kedalaman pemasangan 13 m, setelah itu data parameter yang digunakan dimasukkan dalam pemodelan eksisting dan pemodelan variasi spasi dan kedalaman PVD. Untuk pemodelannya dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Geometri Pemodelan sesuai data monitoring *settlement plate*

Tabel 1. Konsistensi Tanah Daerah Penelitian

Titik Bor	Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	Rata-Rata N-SPT	Muka Air Tanah (m)
STA 42 + 800	0 - 2	<i>Sandy Clay</i>	2	0.8
	2 - 4	<i>Sandy Clay</i>	2	
	4 - 6			
	8 - 10			
	10 - 12			
	12 - 14	<i>Hard Clay</i>	38	
	14 - 16			
	16 - 18	<i>Very Hard Clay</i>	60	
	18 - 20			
20 - 22				

3.2 Parameter Tanah

Berikut data parameter tanah yang telah dilakukan korelasi nilai diatas maka diperoleh parameter tanah pada tiap lapisan tanah yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Dibawah ini.

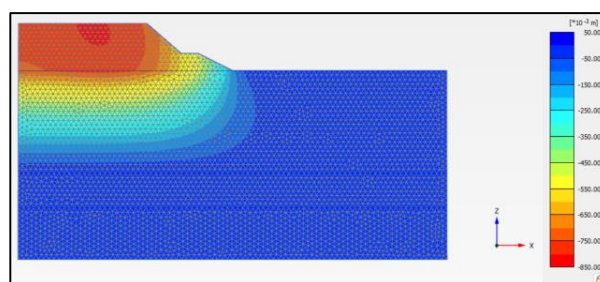
Tabel 2. Parameter Tanah

Data Tanah BH – 1					
Soil Parameter	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Timbunan	Unit
	<i>Sandy Clay</i>	<i>Clay (Hard)</i>	<i>Clay (Very Hard)</i>	<i>Sand</i>	
Kedalaman	0,0 - 12,0	12,0 - 16,0	16 - 22		m
<i>Soil Model</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	-
<i>Drainage type</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Drained</i>	-
N-SPT	2	38	>50		
γ unsat	14	18	20	16	kN/m^3
γ sat	15	19	21	17	kN/m^3
E_{50}	1100	38000	60000	27000	kN/m^2
E_{oed}	880	30400	48000	21600	kN/m^2
E_{ur}	3300	114000	180000	81000	kN/m^2
c'	5	7	8	25	kN/m^2
ϕ'	20	27	32	35	°
v_{ur}	0.3	0.3	0.3	0.3	
ψ	0	0	2	5	°
kx	0.000864	0.000864	0.000864	8,64	m/day
ky	0.000864	0.000864	0.000864	8,64	m/day
kz	0.000864	0.000864	0.000864	8,64	m/day

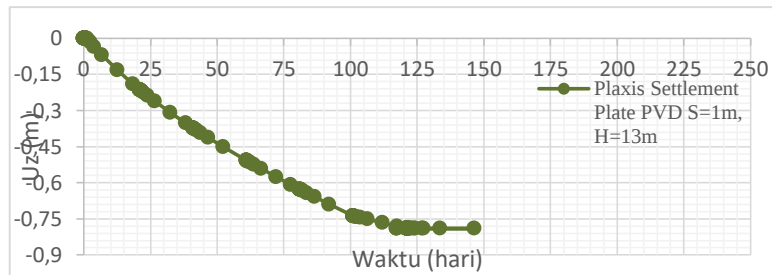
3.3 Pemodelan Sesuai Data Monitoring *Settlement Plate*

Hasil analisis pemodelan perbaikan tanah dasar pada kondisi timbunan bertujuan agar mengetahui besar penurunan deformasi dan berapa lama waktu tanah terkonsolidasi dan tekanan air pori berlebih jika menggunakan data monitoring *settlement plate* yang menggunakan spasi 1 m dan kedalaman PVD 13 m. Setelah itu, data parameter yang digunakan akan dipakai untuk pemodelan eksisting.

Berikut merupakan **Gambar 3.** yang menampilkan hasil pemodelan perbaikan tanah dasar menggunakan data monitoring *settlement plate* derajat konsolidasi 90%.

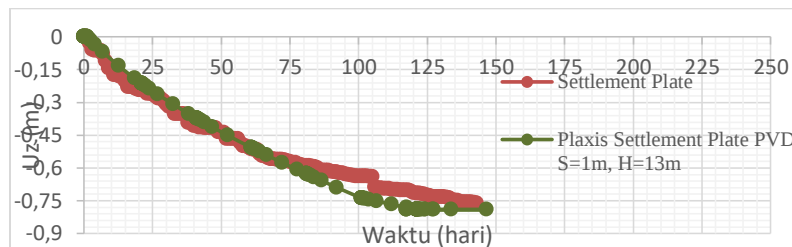


Gambar 3. Derajat Konsolidasi 90%



Gambar 4. Grafik Pemodelan menggunakan data monitoring *settlement plate*

Hasil pemodelan tersebut menunjukkan bahwa waktu penurunan yang diakibatkan timbunan dengan PVD menggunakan data monitoring *settlement plate* dengan spasi 1 m dengan kedalaman 13 m terjadi selama 146 hari dengan besar penurunan 0.79 m.

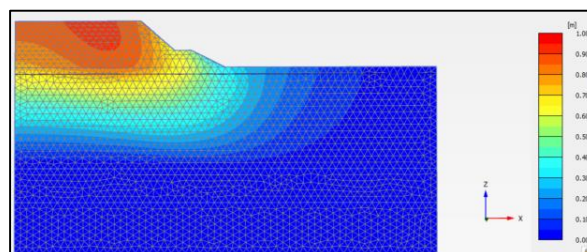


Gambar 5. Grafik *settlement plate* dengan Pemodelan menggunakan data *settlement plate*

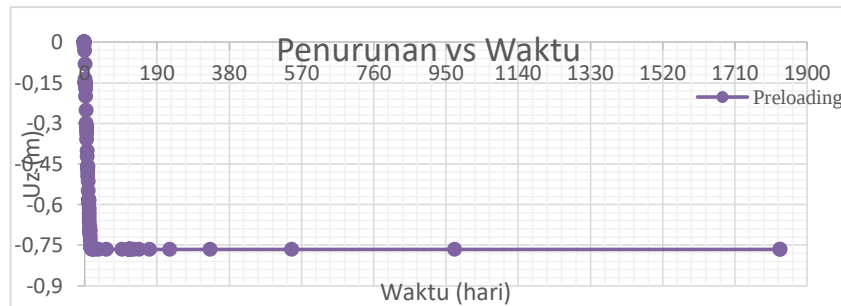
Pada grafik ditunjukkan perbandingan penurunan hasil monitoring lapangan dengan *settlement plate* dan hasil pemodelan menggunakan data *settlement plate* dengan PVD spasi 1 m dengan kedalaman 13 m. Data monitoring menunjukkan penurunan sebesar 0,761 m dalam 143 hari, sedangkan hasil pemodelan menghasilkan penurunan 0,79 m dalam 146 hari. Parameter yang telah divalidasi ini kemudian digunakan untuk pemodelan eksisting.

3.3 Pemodelan Pada Kondisi Eksisting (*Preloading*)

Hasil analisis pemodelan perbaikan tanah dasar pada kondisi timbunan bertujuan agar mengetahui besar penurunan deformasi dan berapa lama waktu tanah terkonsolidasi dan tekanan air pori berlebih pada kondisi eksisting, data parameter yang digunakan yaitu data yang sebelumnya dipakai pada pemodelan menggunakan data monitoring *settlement plate*.



Gambar 6. Derajat Konsolidasi 90%



Gambar 7. Grafik Pemodelan eksisting

Hasil pemodelan tersebut menunjukkan bahwa waktu penurunan yang diakibatkan timbunan pada kondisi eksisting terjadi selama 1830 hari dengan besar penurunan 0.766 m.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam kondisi eksisting membutuhkan waktu sangat lama, yaitu sekitar 1830 hari dengan penurunan 0,766 m. Pemasangan PVD terbukti mempercepat konsolidasi, ditunjukkan oleh hasil monitoring lapangan yaitu besar penurunan sebesar 0,761 m dalam 143 hari dan didapatkan hasil pemodelan Plaxis 3D menggunakan data *settlement plate* dengan spasi 1 m dan kedalaman PVD 13 m mendapatkan besar penurunan 0,79 m dalam 146 hari. Konfigurasi terbaik diperoleh pada spasi 1 m dengan kedalaman penuh, sehingga metode ini direkomendasikan untuk perbaikan tanah lunak pada proyek infrastruktur serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal.

CONTOH PENULISAN DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional.(2017). *SNI8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik* [Standar Nasional Indonesia].
- Das, B. M. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering (Seventh Edition)*.
- Das, M. B., Endah , N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Schanz, e. a. (1998). *The Hardening Soil Model: Formulation and Verficatton*,. Rotterdam: Balkema: R. B. T. Brinkgreve (cd.).
- SNI 4153 (2008). *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.