

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH LUNAK METODE PVD+PRELOADING MENGUNAKAN PLAXIS 2D (PROYEK JALAN TOL PADANG – SICINCIN STA 10+369)

RAIHAN MUHAMMAD RAFI¹, IMAM ASCHURI²

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional
2. Dosen, Institut Teknologi Nasional

Email : raihanmuhammadrafi1@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan tanah lunak dapat diatasi dengan metode perbaikan tanah yaitu dengan preloading, namun metode ini memerlukan waktu konsolidasi yang sangat lama. Sehingga perlu dilakukan dengan metode Prefabricated Vertical Drain (PVD) + preloading yang merupakan salah satu alternatif untuk memperbaiki tanah lunak jenuh air dimana PVD akan mengalirkan air pori tanah lebih cepat sehingga waktu konsolidasi akan lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kinerja dari pengaruh variasi pola PVD, jarak pemasangan PVD, kedalaman PVD dan analisis penurunan yang terjadi pada kondisi eksisting menggunakan PLAXIS untuk dibandingkan dengan data monitoring lapangan. Hasil analisis variasi yang efisien 12,2 % lebih cepat dari segi waktu yaitu menggunakan pola pemasangan segitiga, jarak spasi PVD 1 meter, dan kedalaman PVD full penetration.

Kata kunci: perbaikan tanah, tanah lempung lunak, Prefabricated Vertical Drain + preloading, konsolidasi tanah, variasi pola pemasangan Prefabricated Vertical Drain, variasi jarak spasi Prefabricated Vertical Drain, PLAXIS 2D

1. PENDAHULUAN

Permasalahan umum pada pembangunan jalan tol adalah kondisi tanah dasar yang kurang baik sehingga perlu penanganan guna memperbaiki kondisi tanah tersebut, pada proyek jalan tol padang-sicincin ini digunakan metode perbaikan tanah PVD + Preloading pada STA 10+369 guna memperbaiki kondisi tanah yang kurang baik.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak adalah salah satu jenis tanah dasar yang sering menyebabkan masalah dalam berbagai jenis konstruksi karena daya dukungnya rendah, tanah lempung lunak ini mempunyai nilai penetrasi standar atau $N - SPT$ yang kecil yaitu < 4 , atau nilai perlawanan konus $qc < 15 \text{ kg/cm}^2$ (Mochtar 1988)

2.2 Konsolidasi Tanah

Konsolidasi tanah adalah proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran Sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tegangan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang (craig,1994:213).

2.3 Perbaikan tanah *Preloading*

Metode preloading adalah perbaikan tanah dengan cara mekanis dengan menambahkan tanah timbunan sebagai prabeban untuk memampatkan tanah dasar dan memberikan tekanan vertical. Penentuan tinggi timbunan sesuai dengan nilai penurunan, agar tanah timbunan tidak terbuang sia – sia.

2.4 Perbaikan tanah PVD

Pada tanah lempung lunak waktu penurunannya sangat lama maka dari itu diperlukan suatu metode untuk mempercepat proses penurunan. Pada umumnya metode yang digunakan yaitu Prefabricated Vertical Drain (PVD) yang berfungsi untuk mempercepat waktu penurunan dengan cara memperpendek lintasan pengaliran air dalam tanah.

2.5 PLAXIS 2D

PLAXIS adalah program elemen hingga yang dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilitas, dan aliran air tanah. Pada tahun 1998 PLAXIS 2D dirilis. Program PLAXIS ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan yang bisa mendapatkan hasil paling mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan.

2.6 Data Monitoring

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif pekerjaan, memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring melibatkan perhitungan atas apa yang kita lakukan dan juga monitoring melibatkan pengamatan untuk mengetahui tingkat tercapai atau tidaknya suatu pekerjaan tersebut.

3. METODOLOGI

Pada metodologi penelitian ini dilakukan beberapa tahapan. Tahapan yang pertama yaitu tahapan rumusan masalah dimana tahapan ini dilakukan rumusan dan batasan dari permasalahan yang dibahas, kemudian tahapan studi terdahulu yaitu mencari referensi literatur dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian ini, berikutnya tahapan pengumpulan data dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk pemodelan perbaikan tanah yang akan dilakukan analisis. Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data hasil penyelidikan di lapangan berupa SPT, data uji laboratorium tanah yang didapatkan dari proyek jalan tol Padang – Sicincin. Selanjutnya Analisis yang dilakukan meliputi pemodelan perbaikan tanah kondisi eksisting menggunakan program PLAXIS 2D untuk mengetahui berapa besar dan berapa lama penurunannya jika sudah sesuai dengan hasil data monitoring maka dilanjutkan untuk pemodelan variasi – variasi dari PVD, yang pertama yaitu pola pemasangan PVD dilanjutkan jarak pemasangan PVD dan yang terakhir yaitu Kedalaman PVD, lalu dicari variasi yang paling efektif dari segi waktu penurunannya.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah proyek jalan tol Padang – Sicincin pada STA 10+369 yang penanganan perbaikan tanahnya menggunakan metode PVD+ *preloading*

4.2 Pengumpulan Data

Penyelidikan geoteknik dilaksanakan menggunakan bor teknik dan Standar Penetration Test ditambah uji laboratorium tanah untuk mendapatkan parameter tanah yang dapat dilihat pada **Tabel 1 – Tabel 3**

Tabel 1. Parameter Tanah *soft soil creep model*

Layer	Soil Type	Soil Behaviour	Depth (m)	Δh (m)	NSPT	Ca	c _v (kN/m ²)	c' (kN/m ²)	φ (°)	e _v	Cc	Cs	k _y (m/day)	k _x (m/day)	λ (Lambda)	k (kappa)	μ	γ _{sat} (kN/m ³)	
1	gambut	organic clay	0,00	- 2,00	2	3	0,0234	2,50	0,25	12	2,20	0,600	0,094	7,54E-03	1,51E-02	0,087	2,55E-02	4,08E-03	11,0
4	Humus Gambut	organic clay	11,5	- 12	0,5	5	0,0333	10	1	12	2	0,8	0,11	5,46E-03	1,09E-02	0,120	3,30E-02	5,80E-03	12,0

Tabel 2. Parameter Tanah *hardening soil model*

Layer	Soil Type	Soil Behaviour	Depth (m)	Δh (m)	NSPT	c _v (kN/m ²)	c' (kN/m ²)	φ (°)	e _v	Cc	Cs	k _y (m/day)	k _x (m/day)	E _{vol} (kN/m ²)	E _{int} (kN/m ²)	E _{er} (kN/m ²)	γ _{sat} (kN/m ³)	
2	Lanau Lempungan	Clay	0,00	- 4,00	4	3	10,00	1,00	15	2,20	0,600	0,094	7,54E-03	1,51E-02	1198	958	5505	15,0
3	Lempung Lanau pasiran	Clay	4,00	- 11,50	7,5	4	20,00	2,00	21	2,00	0,700	0,110	7,54E-03	1,51E-02	1232	986	5645	13,0
5	Lempung Lanau pasiran	Clay	11,50	- 15,50	4	5	15,00	1,30	21	2,00	0,700	0,110	7,54E-03	1,51E-02	1232	986	5645	13,0

Tabel 3. Parameter Tanah *mohr – coulomb*

Layer	Soil Type	Soil Behaviour	Depth (m)	Δh (m)	NSPT	E'	v' (nu)	φ' (°)	G	k _y (m/day)	k _x (m/day)	E _{vol} (kN/m ²)	γ _{sat} (kN/m ³)	
6	Pasir Halus	sand	0,00	- 20,00	20	36	12000	0,30	34	4615	1,00E+00	1,00E+00	16150	16,0
7	Pasir lanau	sand	20,00	- 30,00	10	40	10000	0,30	44	3846	1,00E+00	1,00E+00	13460	18,0

4.3 Variasi Model PVD

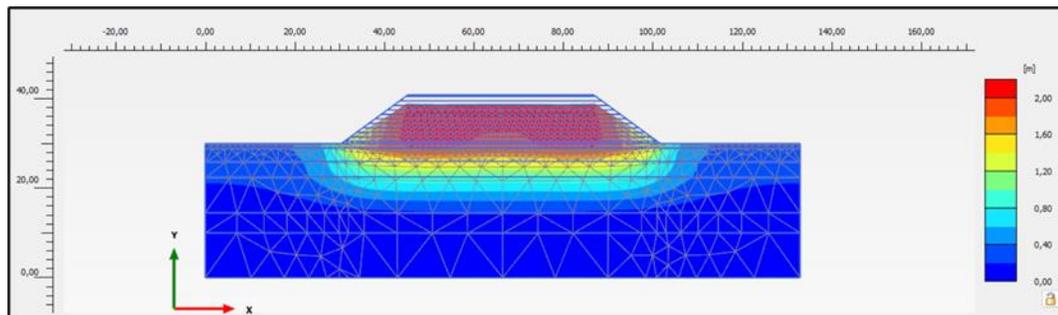
Tabel 4. Variasi Model PVD

Model	Tinggi Timbunan (m)	Jarak PVD (m)	Kedalaman PVD (%)	Pola pemasangan PVD
Model 1 <i>Preloading</i>	8	-	-	-
Model 2 <i>PVD+Preloading</i>	8	1,3	80%	Segitiga
Model 3 <i>PVD+Preloading</i>	8	1,3	80%	Segiempat
Model 4 <i>PVD+Preloading</i>	8	1	80%	Pola efektif
Model 5 <i>PVD+Preloading</i>	8	1,7	80%	Pola efektif
Model 6 <i>PVD+Preloading</i>	8	jarak efektif	100%	Pola efektif

4.4 Analisis Kondisi Eksisting

1. Pemodelan tanpa PVD

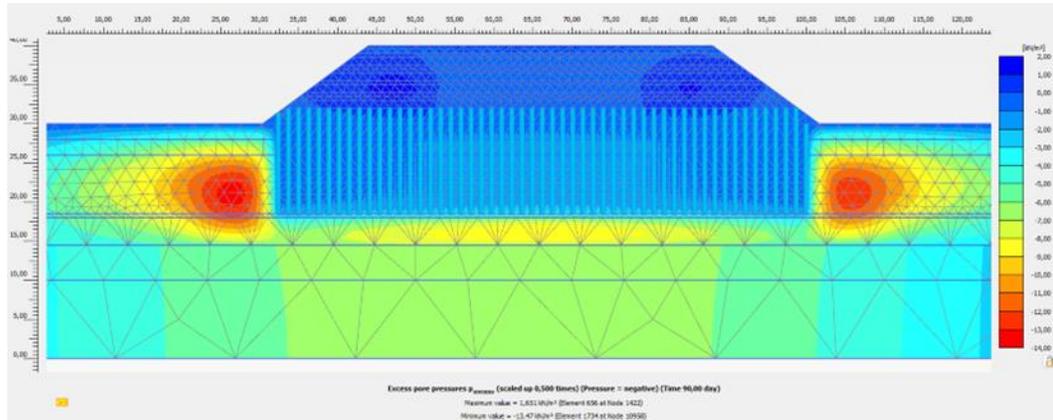
Pemodelan ini dilakukan menggunakan PLAXIS 2D. Pada STA 10+369 terdapat tanah kompresibel sedalam 15 meter dan timbunan rencana setinggi 8 meter dengan penanganan tanah berupa preloading setinggi 8 meter.



Gambar 1. Hasil Pemodelan Eksisting tanpa PVD

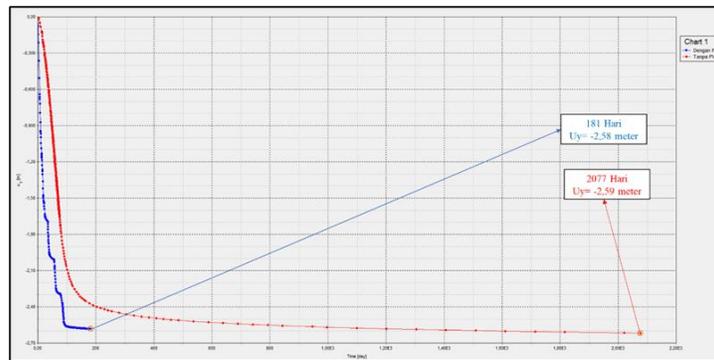
2. Pemodelan menggunakan PVD

Pemodelan ini dilakukan menggunakan PLAXIS 2D. Pada STA 10+369 terdapat tanah kompresibel sedalam 15 meter dan timbunan rencana setinggi 8 meter dengan penanganan tanah berupa PVD + preloading dengan pola PVD segitiga, Panjang PVD 12 meter floating 80%, spasi PVD sebesar 1,3 meter.

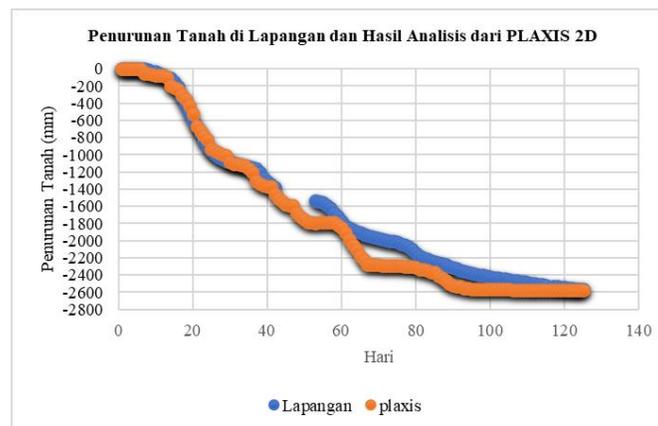


Gambar 2. Hasil Pemodelan Eksisting menggunakan PVD

Berdasarkan hasil analisis metode elemen hingga pada model 1 penanganan preloading tanpa PVD didapatkan penurunan sebesar 2,6 meter pada Minimum excess pore pressure di hari ke 2077 dan pada model 2 penanganan PVD + preloading pola pemasangan PVD segitiga, spasi jarak PVD 1,3 meter, dan kedalaman PVD floating penetration 12 meter didapatkan penurunan sebesar 2,58 meter pada Minimum excess pore pressure di hari ke 181 dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah. Terdapat selisih waktu sebesar 1896 hari atau 1140 % lebih cepat dengan PVD.



Gambar 3. Grafik Penurunan kondisi eksisting tanpa PVD & menggunakan PVD



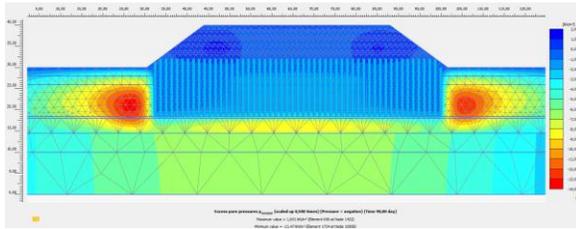
Gambar 3. Grafik Penurunan kondisi eksisting tanpa PVD & menggunakan PVD

dapat dilihat dari **Gambar 3.** bahwa hasil analisis PLAXIS 2D hasilnya sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

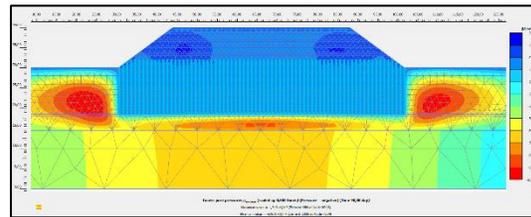
4.5 Analisis Kondisi Variasi – variasi PVD

Ada beberapa tahapan untuk variasi – variasi PVD yang pertama yaitu variasi pola pemasangan antara persegi dan segitiga dipilih yang paling efektif dari segi waktu penurunan lanjut variasi jarak PVD 1 meter, 1,3 meter, 1,7 meter dipilih yang paling efektif dari segi waktu lanjut variasi

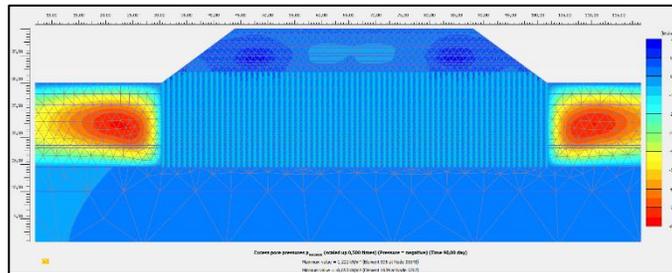
FTSP Series :
 Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2023
 kedalaman PVD *floating penetration* 80% dan *full penetration* pemodelan variasi – variasi dapat dilihat pada **Gambar 4. – gambar 8.**



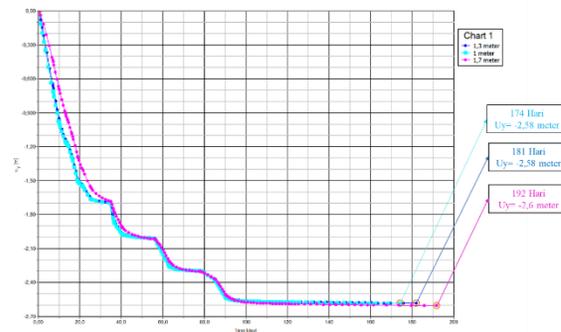
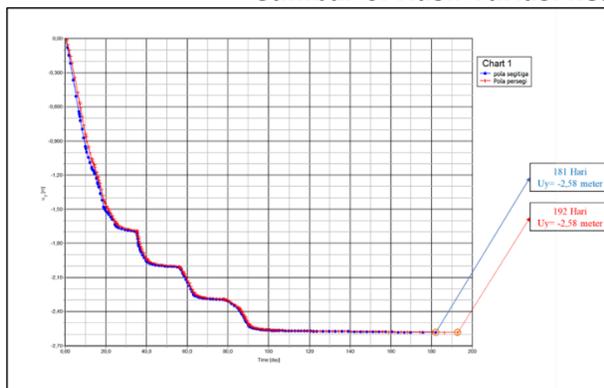
Gambar 4. Hasil Variasi Pola PVD



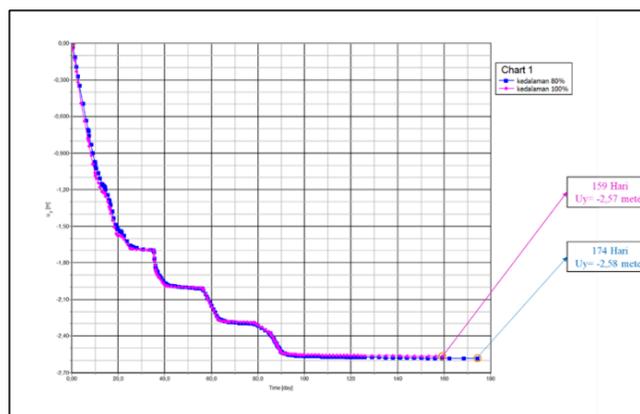
Gambar 5. Hasil variasi Jarak PVD 1 meter



Gambar 6. Hasil Variasi kedalaman *full penetration* PVD



Gambar 7. Grafik Penurunan tanah Variasi pemasangan PVD Pola dan Jarak Spasi



Gambar 8. Grafik Penurunan tanah Variasi Kedalaman PVD

Dapat dilihat pada grafik penurunan variasi – variasi PVD yang paling efektif dari segi waktu penurunannya yaitu variasi yang menggunakan pola pemasangan segitiga, jarak PVD 1 meter, dan kedalaman PVD *full penetration*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya pemodelan perbaikan tanah lempung lunak menggunakan metode Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan kombinasi preloading dengan PLAXIS 2D serta hasil analisis yang didapat, maka kesimpulan yang dapat diambil dari analisis ini yaitu:

1. Penurunan yang terjadi apabila dilakukan perbaikan tanah dengan preloading tanah timbunan saja yaitu sebesar 2,6 meter selama 2070 hari atau 5 tahun sehingga diperlukan metode untuk mempercepat penurunan yaitu menggunakan PVD. Selisih waktu penurunan dengan dan tanpa PVD sangat besar yaitu selama 1890 hari atau 1140 % lebih cepat.
2. Pola pemasangan PVD segitiga memiliki waktu penurunan lebih cepat dibandingkan dengan pola pemasangan PVD persegi. Dengan selisih waktu penurunan 11 hari atau 4,7 %.
3. Jarak PVD yang paling ekonomis diantar 3 variasi spasi 1 meter, 1,3 meter, 1,7 meter yaitu jarak spasi 1 meter dengan selisih waktu 18 hari atau 7,2 % lebih cepat dibandingkan spasi 1,7 meter karena semakin kecil jarak PVD atau semakin rapat nya jarak PVD, maka semakin cepat waktu penurunannya.
4. Kedalaman PVD dengan pemasangan full penetration 100% memiliki waktu penurunan yang lebih cepat dibandingkan floating penetration 80% yang memiliki selisih waktu penurunan selama 15 hari atau 8,6 % lebih cepat.
5. Dengan adanya data monitoring lapangan dapat mengetahui apakah analisis yang di modelkan sudah sesuai dengan kondisi di lapangan atau belum, melihat hasil analisis yang di modelkan menggunakan program PLAXIS 2D penurunan tanah akibat metode PVD kombinasi preloading sudah menyerupai dengan kondisi sebenarnya di lapangan sehingga dapat dikatakan bahwa analisis pemodelan perbaikan tanah ini sudah sesuai.
6. Dengan tinggi timbunan preloading sebesar 8 meter nilai safety factor yang didapatkan yaitu sebesar 1.407 dimana sudah aman untuk stabilitas timbunan preloading.

5.2 Saran

Dari hasil analisis ini Adapun beberapa saran yaitu :

1. Melakukan analisa efek smear zone pada area pemasangan Prefabricated Vertical Drain supaya hasil yang didapatkan semakin akurat.
2. Melakukan Analisis perbaikan tanah menggunakan PLAXIS 3D.

UCAPAN TERIMA KASIH

National Geotechnic Center Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberi akses lisensi akademik software PLAXIS

DAFTAR RUJUKAN

- R.F. Craig (1989). Mekanika Tanah Edisi 4. (Budi Susilo S., Terjemahan). Jakarta: Penerbit Erlangga
- Das, Bradja M., Endah Noor., 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 8460:2017. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Mina, E., Fathonah, W., & Sari, F. D. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Tebing Badan Jalan Suradita - Kranggan. Jurnal Fondasi, Volume 8.