

Analisa Stabilitas Timbunan Jalan Berdsarkan Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Tol Surabaya–Gempol, Paket 3A STA 40+950 – 42+200: Ruas Porong – Gempol

Nurul Nisaqolifatul Uyun, Noor Endah dan Putu Tantri Kumala Sari

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail : tantrigeoteknik@gmail.com

Abstrak—Jalan tol Porong – Gempol adalah merupakan relokasi jalan akibat lumpur lapindo. Dalam proyek pembangunan jalan tol ini terdapat 2 paket pekerjaan yaitu paket 3A dan 3B. Pada tahun 2014 terjadi kelongsoran tanah timbunan pada paket 3B. Dengan adanya kejadian kelongsoran tersebut dikhawatirkan akan terjadi kelongsoran serupa pada tanah timbunan paket 3A mengingat tinggi timbunan pada pekerjaan paket 3A maupun 3B yang hampir sama dan dibangun pada kondisi tanah dasar lunak. Dalam studi ini dilakukan analisa stabilitas timbunan menggunakan program bantu, analisis kelongsoran dengan data instrumen geoteknik (inclinometer, pneumatic piezometer, dan settlement plate) dan perencanaan perkuatan menggunakan sheet pile dan micropile. Berdasarkan hasil analisis instrumen geoteknik yang dilakukan, pemampatan pada tanah dasar di bawah tanah timbunan paket 3A sudah dapat dikatakan selesai dengan derajat konsolidasi lebih dari 90%; jadi kondisi timbunan pada paket 3A dapat dikatakan stabil dan tidak ada bahaya longsor. Akan tetapi hasil analisa stabilitas timbunan dengan menggunakan program bantu menunjukkan nilai SF 0,898 yang berarti kurang dari SF rencana atau dalam kondisi tidak aman. Oleh karena itu timbunan pada paket 3A direncanakan untuk diberi perkuatan dengan menggunakan sheetpile tipe W-500-A-1000 sebanyak 5 buah sedalam 13 m atau micropile diameter 600 mm sebanyak 5 buah sedalam 13 m.

Kata Kunci—Stabilitas timbunan, Instrumen Geoteknik, Sheet Pile, Micropile

I. PENDAHULUAN

JALAN tol Porong-Gempol merupakan bagian dari jalan tol Trans-Jawa. Jalan tol Porong- Gempol dibangun sepanjang 10 km dan merupakan akses baru hasil relokasi akibat lumpur Lapindo. Pembangunan jalan tol Porong-Gempol ini dibagi menjadi 2 paket pekerjaan yaitu paket 3A dan 3B. Pekerjaan paket 3A dimulai pada STA 39.250 - 46.650 dan pekerjaan paket 3B dimulai pada STA 46.650 - 48.366,50.

Pada tahun 2014 telah terjadi kelongsoran pada paket 3B. Kejadian kelongsoran pada tanah timbunan paket 3B ini dikhawatirkan juga akan terjadi pada tanah timbunan paket 3A mengingat tinggi timbunan pada pekerjaan paket 3A maupun 3B yang hampir sama yaitu sekitar 7 meter dan dibangun pada kondisi tanah dasar yang sama-sama lunak.

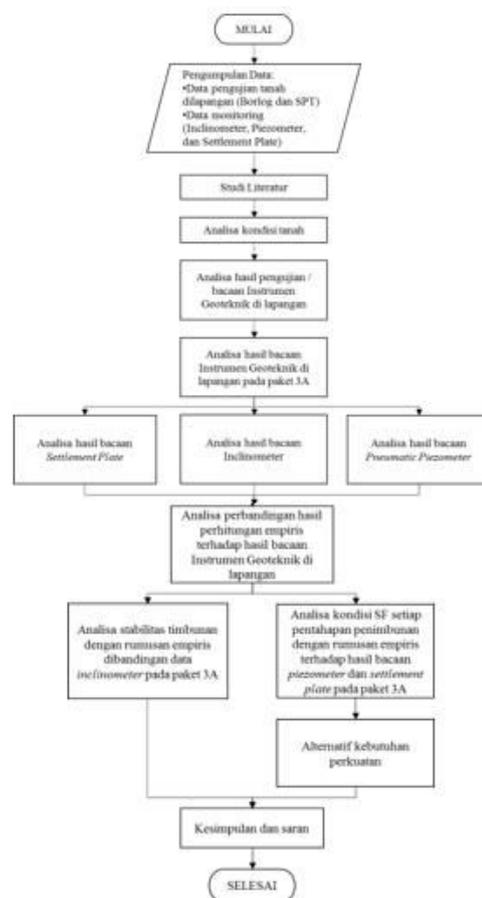
Oleh karena itu perlu di analisa stabilitas tanah timbunan. Selain itu diperlukan alternatif perkuatan yang cocok agar tidak terjadi kelongsoran pada paket 3A. Di lapangan telah dilakukan monitoring dan didapatkan data instrumen geoteknik. Data instrumen geoteknik berupa data inclinometer, piezometer, dan settlement plate. Berdasarkan

data instrumen geoteknik tersebut, dapat dibandingkan antara hasil perhitungan rumusan empiris yang dilakukan dalam perencanaan terhadap kondisi sesungguhnya yang ada di lapangan. Selain itu dapat dicari penyebab kelongsoran paket 3B dan mengapa paket 3A belum longsor.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi.

II. METODOLOGI



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Perencanaan.

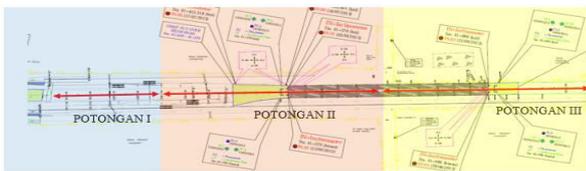
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Tanah Lapangan

Data tanah yang digunakan dalam Studi ini adalah data lapangan yaitu sondir dan N-SPT pada proyek pembangunan relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A STA 40+950 – 42+200. Data tersebut diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul pada tahun 2014. Data tanah lapangan yang ada meliputi 16 data sondir dan 3 data N-SPT.

Kemudian dilakukan statigrafi dari data sondir dan N-SPT untuk mengetahui kondisi tanah dan konsistensi tanah [1][2]. Diakrenakan terlalu panjang maka dibagi menjadi 3 potongan yaitu:

1. Potongan I yaitu mulai dari STA 40+950 - STA 41+250 (area biru).
2. Potongan II STA 41+350 – STA 41+710 (area merah).
3. Potongan III STA 41+750 – STA 42+200 (area kuning).



Gambar 3. Denah statigrafi.

Berikut adalah rekap hasil konsistensi tanah berdasarkan statigrafi data sondir dan N-SPT:

Tabel 1. Konsistensi tanah Potongan I

STA	STA 40+950	STA 41+050	STA 41+150	STA 41+250
Karakteristik tanah	s1	s2	s3	s4
Sangat lunak (Very Soft)	0-6 m	0-5.2 m	0-2.4 m	0 - 9.6 m
Lunak (Soft)	6-6.4 m	5.2- 5.6 m	2.4 - 4.8 m	9.6 - 13.6 m
Sedang (Medium)	6.4-10.8 m	5.6-16.4 m	4.8 - 14.8 m	13.6 - 19.2 m
Kaku (Stiff)	15.6-19.4 m	16.4-19 m	14.8 - 17.6 m	19.2 - 20 m
Sangat kaku (Very Stiff)		17.6 - 20.8 m		20 - 22 m
Keras (Hard)	>19.4 m	>19 m	>20.8 m	>22 m

Tabel 2. Konsistensi tanah Potongan II

STA	STA 41+350	STA 41+450	STA 41+570	STA 41+635	STA 41+710
Karakteristik tanah	s5	s6	s7	s8	s9
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 5.6 m	0 - 9.2 m	0 - 10 m	0 - 9.2 m	0 - 9.6 m
Lunak (Soft)	5.6 - 10 m	9.2 - 10.4 m	10 - 11.2 m	9.2 - 14.8 m	9.6 - 16.4 m
Sedang (Medium)	10 - 17.2 m	10.4 - 16.4 m	11.2 - 17.2 m	14.8 - 16.8 m	16.4 - 16.8 m
Kaku (Stiff)	17.2 - 19.6 m	16.4 - 18.8 m	17.2 - 19.6 m	16.8 - 18.4 m	16.8 - 18.8 m
Sangat kaku (Very Stiff)	19.6 - 22 m	18.8 - 20.8 m	19.6 - 20.8 m	18.4 - 20 m	18.8 - 19.2 m
Keras (Hard)	>22 m	>20.8 m	>20.8 m	>20 m	>19.2 m

Tabel 3. Konsistensi tanah Potongan III

STA	STA 41+750	STA 41+840	STA 41+920	STA 41+986	STA 42+000	STA 42+100	STA 42+200
Karakteristik tanah	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 7.6 m	5.2 - 16.4 m	0 - 16 m	0 - 17.2 m	0 - 16 m	2.4 - 8 m	
Lunak (Soft)	7.6 - 18.4 m	16.4 - 18.4 m	16 - 16.4 m	17.2 - 17.6 m	16 - 16.8 m	8 - 16 m	0 - 15.2 m
Sedang (Medium)	18.4 - 20 m	18.4 - 19.2 m	18 - 20 m	18.4 - 20 m	18 - 19.2 m	16.8 - 17.6 m	17.6 - 19.6 m
Kaku (Stiff)	20 - 20.8 m	19.2 - 20 m	20 - 20.8 m	20 - 20.8 m	19.2 - 20 m	17.6 - 19.2 m	19.6 - 20.8 m
Sangat kaku (Very Stiff)		>20.8 m	>20.8 m	>20.8 m	>20 m	>19.2 m	>20.8 m
Keras (Hard)							

Parameter yang digunakan dalam Studi ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Data tanah STA 41+570 (S7)

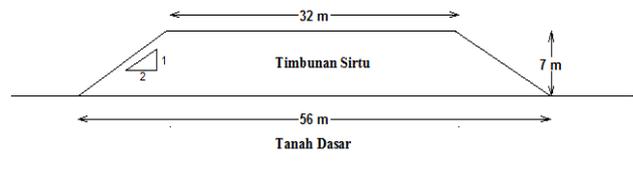
Karakteristik tanah	Kedalaman	Strength			
		Qc (kg/cm2)	γ_{sat} (kN/m3)	Φ°	C (kPa)
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 10 m	8	17	0	10
Lunak (Soft)	10 - 11.2 m	14	17	0	18
Sedang (Medium)	11.2 - 17.2 m	37	17	0	48
Kaku (Stiff)	17.2 - 19.6 m	57	17	0	75

B. Data Tanah Timbunan

Pada Studi ini menggunakan material timbunan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

- Sifat fisik tanah timbunan :
 - γ_{sat} = 1,75 t/m3
 - γ_{timb} = 1,75 t/m3
 - C = 0
 - Φ = 30
- Geometri Timbunan :

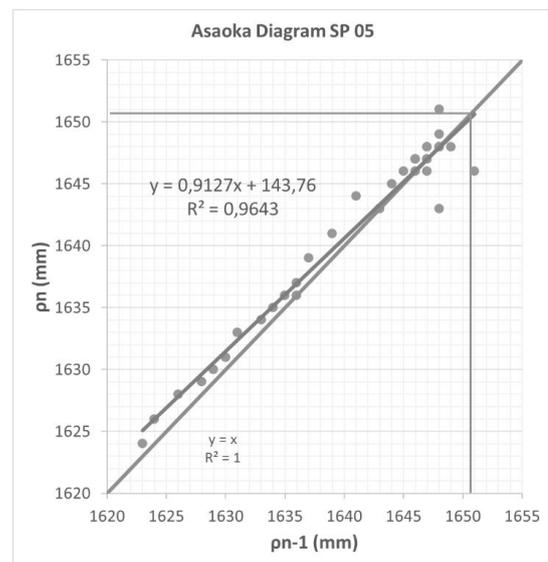
Tinggi tanah timbunan (H_{final}) yang direncanakan yaitu sebesar 6 meter dengan lebar jalan adalah 56 meter.



Gambar 4. Sketsa Rencana Penimbunan

C. Analisis Settlement Plate

Data Settlement Plate berupa data penurunan tanah untuk dasar apakah tanah tersebut masih mengalami penurunan atau sudah mengalami penurunan akhir (*final settlement*). Untuk mengetahui prediksi penurunan akhir tiap *Settlement Plate*, maka dilakukan dengan menggunakan Metode Asaoka. Berikut adalah grafik penentuan settlement akhir pada tiap settlement plate.



Gambar 5. Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-05

Perhitungan penentuan total pemampatan akhir di ambil sebagai contoh adalah pada SP-05. Pada kurva penentuan settlement akhir SP-05 diperoleh sebuah persamaan dari grafik yang telah dibuat. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan nilai dari total settlement sebagai berikut:

$$y = 0,9127x + 143,76$$

$$y - 0,9127x = 143,76$$

$$y - x = 0$$

$$0,0873x = 143,76$$

$$x = 1647$$

Sehingga didapatkan nilai total settlement akhir pada SP-05 adalah sebesar 1647 mm. Setelah didapatkan prediksi

total settlement akhir, maka sisa settlement di lapangan dapat diketahui dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Sc bacaan akhir settlement plate} &= 1643 \text{ mm} \\
 \text{Final settlement} &= 1647 \text{ mm} \\
 \text{Sisa settlement} &= \text{final settlement} - \text{bacaan settlement} \\
 &= 1647 - 1643 \\
 &= 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka sisa settlement yang terjadi adalah sebesar 4 mm. Sisa pemampatan pada Settlement Plate lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sisa Settlement Titik Settlement Plate

No	Settlement Plate	kumulatif settlement lapangan	prediksi settlement final	sisa settlement (mm)
		Sct (mm)	S _∞ (mm)	
1	SP 05	1643	1647	4
2	SP 06	1513	1518	5
3	SP 07	1474	1477	3
4	SP 08	1433	1445	12
5	SP 09	1436	1445	9
6	SP 10	1437	1460	23
7	SP 11	1254	1266	12
8	SP 12	1280	1359	79

Sehingga dari hasil diatas dapat dilihat besar sisa penurunan pada masing-masing Settlement Plate diperkirakan berkisar 3 mm – 79 mm.

Tabel 6.

Rekap Nilai Final Settlement Plate dan Derajat Konsolidasi (U) Aktual

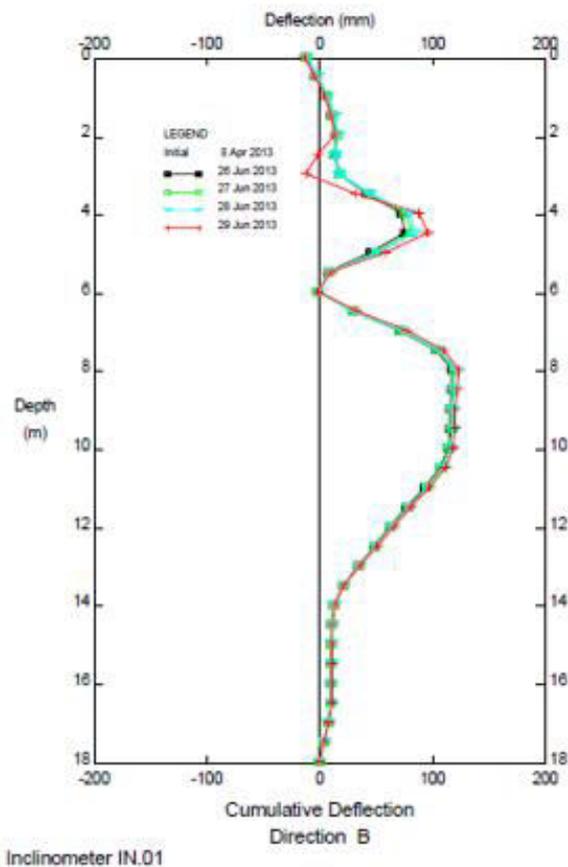
No	Settlement Plate	kumulatif settlement lapangan	prediksi settlement final	derajat konsolidasi aktual
		Sct (mm)	S _∞ (mm)	U %
1	SP 05	1643	1647	99,76%
2	SP 06	1513	1518	99,67%
3	SP 07	1474	1477	99,80%
4	SP 08	1433	1445	99,17%
5	SP 09	1436	1445	99,38%
6	SP 10	1437	1460	98,42%
7	SP 11	1254	1266	99,05%
8	SP 12	1280	1359	94,19%

Sehingga hasil analisa derajat konsolidasi aktual pada pemampatan akhir setiap Settlement Plate lebih dari 90% atau dapat dikatakan pemampatan sudah selsei.

$$\begin{aligned}
 \text{Derajat konsolidasi} &> 90\% \\
 99,76\% &> 90\% \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

D. Analisis Inclinometer

Besarnya displacement pada Grafik IN-01 (Gambar 6) dapat dilihat berdasarkan plot koordinat IN-01 pada Gambar 7. Displacement terbesar terjadi pada kedalaman 8 meter dengan maksimal displacement sebesar 123,400 mm pada tanggal 29 Juni 2013. Salah satu syarat kestabilan tanah timbunan dengan inclinometer adalah delta (Δ) displacement yang terjadi tiap interval yang sama adalah Δ 3 < Δ 2 < Δ 1. Oleh karena itu data displacement yang dianalisa adalah mulai tanggal 26 Juni hingga 29 Juni 2013.



Gambar 6. Grafik displacement IN – 01 (Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Plot Coordinates for Inclinometer IN.01
Relative to initial reading on 8 Apr 2013 at 0354
PT. Teknindo Geosistem Unggul
Printed 07-17-2013 at 10:39:53

Depth	26 Jun 2013		27 Jun 2013		28 Jun 2013		29 Jun 2013	
	Cum A	Cum B						
-0.1	139.390	-13.160	138.820	-11.625	141.030	-10.990	141.455	-13.630
0.5	97.705	-4.095	97.165	-2.575	99.150	-1.905	98.895	-4.510
1.0	61.555	5.270	60.235	6.415	62.025	7.145	61.190	4.585
1.5	43.835	10.655	42.295	12.035	43.900	12.780	42.485	10.245
2.0	34.915	14.305	33.550	15.710	34.980	16.495	32.785	13.470
2.5	27.125	13.200	25.665	14.115	27.180	13.995	30.575	-1.630
3.0	19.735	17.650	18.950	18.495	21.775	17.620	50.880	-12.125
3.5	-0.070	42.035	1.405	43.795	5.195	45.050	58.000	32.125
4.0	-31.165	72.605	-27.375	76.425	-24.415	79.970	20.670	88.195
4.5	-56.975	75.605	-53.820	81.190	-52.990	83.915	-35.135	96.230
5.0	-66.150	45.330	-66.130	50.345	-66.620	52.180	-67.905	58.270
5.5	-61.845	7.465	-64.980	9.620	-66.575	10.150	-73.270	10.565
6.0	-48.415	-1.240	-52.215	-2.310	-54.285	-2.225	-60.375	-2.005
6.5	-27.900	29.525	-29.865	28.995	-30.890	30.005	-53.865	32.740
7.0	-12.460	71.030	-13.075	71.865	-13.360	73.650	-14.865	77.705
7.5	-9.940	103.520	-9.885	105.025	-10.680	106.710	-13.270	110.195
8.0	-11.615	117.635	-12.085	119.485	-13.280	120.905	-16.535	123.400
8.5	-18.535	116.960	-18.875	118.875	-20.105	120.065	-23.445	121.845
9.0	-31.640	115.505	-31.860	117.065	-33.215	118.130	-36.800	119.750
9.5	-48.215	115.715	-48.530	117.275	-50.010	118.345	-53.720	120.090
10.0	-66.845	113.980	-67.265	115.665	-68.805	116.770	-72.615	118.505
10.5	-83.345	106.805	-84.030	108.635	-85.575	109.760	-89.300	111.330
11.0	-89.840	93.635	-89.815	95.505	-91.205	96.535	-94.345	97.730
11.5	-82.170	77.620	-83.215	79.345	-84.365	80.220	-86.840	81.170
12.0	-68.440	62.720	-69.535	64.240	-70.400	64.995	-72.330	65.800
12.5	-48.620	48.390	-49.595	49.645	-50.085	50.230	-51.295	50.905
13.0	-26.170	34.390	-26.760	35.250	-26.925	35.615	-27.590	35.975
13.5	-7.895	20.905	-8.115	21.345	-8.140	21.425	-8.495	21.375
14.0	-2.685	12.735	-2.645	12.995	-2.855	13.170	-3.660	13.430
14.5	-5.285	10.425	-5.270	10.680	-5.580	10.940	-6.570	11.395
15.0	-7.405	10.060	-7.485	10.240	-7.800	10.560	-8.530	11.095
15.5	-9.320	10.085	-9.465	10.290	-9.815	10.655	-10.755	11.190
16.0	-11.300	9.625	-11.500	9.855	-11.915	10.210	-12.900	10.760
16.5	-13.015	9.795	-13.300	10.025	-13.770	10.410	-14.760	10.880
17.0	-11.570	7.440	-11.870	7.660	-12.270	7.840	-12.960	8.090
17.5	-6.450	3.770	-6.600	3.870	-6.765	3.920	-7.050	3.985
18.0	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000

Gambar 7. Plot Koordinat IN – 01 (Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Berikut ini adalah hasil perhitungan analisa delta (Δ) displacement yang terjadi pada kedalaman 8 meter dengan waktu 1 harian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Hasil cek kestabilan IN – 01

Tanggal	Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta) (mm)
26 Juni 2013	8	117,635	
27 Juni 2013	8	119,485	1,850
28 Juni 2013	8	120,905	1,420
29 Juni 2013	8	123,400	2,495

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari tabel tersebut diperoleh besarnya Δ3 sebesar 1,85 mm, Δ2 sebesar 1,42 mm dan Δ1 sebesar 2,495.

Sehingga,

$$\Delta_3 < \Delta_2 < \Delta_1$$

$$1,85 < 1,42 < 2,495 \text{ (OK)}$$

Selanjutnya adalah melakukan cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan inclinometer syarat kedua yaitu $Y = Y_{aktual}/Y_{zmax} \leq 1.3$ dimana $Y_{max} = 0.16 \times S_{max}$. Y_{aktual} pada IN- 01 diperoleh dari bacaan inclinometer yang mempunyai *displacement* maksimal yaitu pada tanggal 29 Juni 2013 pada kedalaman 8 meter sebesar 123,400 meter. Kemudian untuk memperoleh Y_{max} maka perlu diketahui S_{max} (total pemampatan secara teoritis). Setelah dilakukan perhitungan pemampatan (S_c) secara teoritis diperoleh total pemampatan (S_c) sebesar 1,35 meter. dengan tinggi timbunan ($H_{timbunan}$) 7 m.

$$\begin{aligned} Y_{zmax} &= 0.16 \times S_{max} \\ &= 0.16 \times 1350 \\ &= 216 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga nilai $Y = Y_{aktual} / Y_{max}$

$$\begin{aligned} &= 123,400 / 216 \\ &= 0.6 \leq 1.3 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan iclinomoter pada IN – 01 diketahui memenuhi kedua syarat kestabilan, sehingga tanah di titik tersebut dapat dikatakan dalam kondisi yang stabil. Perhitungan analisa cek kestabilan tanah timbunan pada titik inclinometer lainnya menunjukkan kondisi tanah timbunan dalam kondisi yang stabil dapat dilihat pada Lampiran.

E. Analisis Piezometer

Syarat kestabilan piezometer adalah sebagai berikut :

$$\Delta U \leq I \cdot \gamma \cdot \Delta H$$

Dimana:

ΔU = variasi tegangan air pori tanah, diperoleh dari hasil bacaan pneumatic piezometer, t/m^2

dimana : 1 kPa = 0,102 t/m^2

I = koefisien pengaruh = 1,0

γ = berat volume tanah timbunan. t/m^3

ΔH = variasi beban yang diterapkan di permukaan, m

Tabel 8.
Hasil bacaan piezometer PP - 03

Bacaan PP - 03	Tip 1 (-12m) (kpa)	Tip 2 (-8m) (kpa)	Tip 3 (-4m) (kpa)
U _{max}	117,30	82,80	55,20
U _{min}	24,15	20,70	27,60
ΔU	93,15	62,10	27,60

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari Tabel 5.9 diperoleh ΔU pada kedalaman 4 m sebesar 93,15 kpa, 8 m sebesar 61,10 kpa, dan 12 m sebesar 27,60 kpa. Selanjutnya untuk mengecek kestabilan pizometer PP – 03 perlu adanya koefisien pengaruh yaitu sebesar 1.0 dan berat volume tanah timbunan yaitu 1.75 t/m^3 . Satuan pada hasil bacaan Piezometer adalah kpa, maka perlu diubah menjadi t/m^2 dengan cara dikalikan 0,102 t/m^2 (1 kpa = 0,102 tm^2). Hasil cek kestabilan PP – 03 dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 9.
Hasil cek kestabilan PP - 03

PP-03			
	ΔU (t/m2)	I.γ.ΔH	ΔU < I.γ.ΔH
ΔU1	2,4633	12,59825	OK
ΔU2	2,1114	12,59825	OK
ΔU3	2,8152	12,59825	OK

(Sumber : Hasil Analisa)

Sehingga dapat diketahui bahwa cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan piezometer memenuhi syarat kestabilan.

F. Analisa Angka Keamanan (SF) Timbunan

Pada proses penimbunan, akan dilakukan perhitungan SF dengan program bantu untuk mengetahui SF pada setiap penimbunan. Akan dilakukan perhitungan SF dengan kondisi asumsi belum adanya PVD menggunakan Cu lama dan kondisi setelah adanya PVD dengan menggunakan Cu baru.

1. Kondisi SF dengan Cu lama

Analisa stabilitas menggunakan Cu lama dilakukan untuk mengetahui nilai Safety Factor tanah timbunan sebelum adanya perbaikan tanah menggunakan PVD. Analisa SF ini dilakukan di seluruh titik Settlement Plate SP-05 hingga SP-12. Pemampatan atau S_c dalam analisa ini diperoleh dari hasil Settlement Plate di lapangan.

Tabel 10.
Kondisi SF dengan Cu lama

STA	SP	Hinisial timb	Settlement	SF	IN
41+550	SP 05	7,2	1,6	0,608	IN 01
	SP 06	7,2	1,5	0,608	IN 01
	SP 07	7,2	1,47	0,608	IN 02
	SP 08	7,2	1,4	0,608	IN 02
42+000	SP 09	7,1	1,4	0,619	IN 03
	SP 10	7	1,4	0,606	IN 03
	SP 11	7	1,2	0,613	IN 04
	SP 12	7	1,2	0,626	IN 04

(Sumber : Hasil Analisa)

2. Kondisi SF dengan Cu baru

Analisa stabilitas menggunakan Cu baru dilakukan untuk mengetahui nilai Safety Factor tanah timbunan setelah adanya perbaikan tanah menggunakan PVD. Analisa SF ini dilakukan di seluruh titik Settlement Plate SP-05 hingga SP-12. Pemampatan atau S_c dalam analisa ini diperoleh dari hasil Settlement Plate di lapangan.

Tabel 11.
Kondisi SF dengan Cu baru

STA	SP	Hinisial timb	Settlement	SF	IN
41+550	SP 05	7,2	1,6	0,894	IN 01
	SP 06	7,2	1,5	0,894	IN 01
	SP 07	7,2	1,47	0,882	IN 02
	SP 08	7,2	1,4	0,882	IN 02
42+000	SP 09	7,1	1,4	0,927	IN 03
	SP 10	7	1,4	0,941	IN 03
	SP 11	7	1,2	0,909	IN 04
	SP 12	7	1,2	0,909	IN 04

(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan Tabel 5.12 dan 5.13 diketahui adanya peningkatan SF dari kondisi belum adanya PVD (Cu lama) dan kondisi setelah pakai PVD (Cu baru). Meskipun perhitungan sudah dilakukan dengan menggunakan Cu baru, nilai SF masih kurang dari SF rencana = 1,5. Sehingga diperlukan perencanaan perkuatan lereng timbunan.

3. Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Perkuatan timbunan akan direncanakan pada luar timbunan dikarenakan adanya jalan di atas timbunan. Maka dari itu alternatif perkuatan yang digunakan adalah menggunakan micropile dan sheetpile. Dari perhitungan didapatkan 5 buah micropile dengan jarak 1 m, diameter 600 mm dan panjang 13 m serta sheetpile tipe W-500-A-1000 sebanyak 5 buah

Tabel 13.
Perhitungan jumlah micropile dan sheetpile

KETERANGAN	SF min	SF rencana	JUMLAH PERKUATAN			
			SHEETPILE BETON CORUGATED		MICROPILE	
			W-500-A-1000	W-600-A-1000	D 500 mm	D 600 mm
MAT RENDAH	0,898	1,5	4,0552	3,1206	5,1315	3,4552
	0,894		4,3128	3,3189	4,7874	3,2236
	0,921		3,9837	3,0656	5,1964	3,4989
	0,956		2,9111	2,2402	6,2698	4,2217
	0,948		2,7419	2,1100	7,2036	4,8504
	0,905		3,7287	2,8694	5,4848	3,6932
	0,920		4,8767	3,7528	4,1054	2,7643
	1,015		4,2106	3,2402	4,0222	2,7083
	0,927		4,4091	3,3930	4,5397	3,0568
	0,897		4,2966	3,3064	4,6413	3,1252
MAT TINGGI	0,758	2,1393	1,6463	4,0382	2,7191	
	0,767	1,9414	1,4940	3,6646	2,4675	
	0,759	2,2159	1,7052	4,1826	2,8163	
	0,772	3,2065	2,4675	6,0525	4,0754	
	0,763	2,6144	2,0119	4,9350	3,3229	
perkuatan paling banyak			4,8767	3,7528	7,2036	4,8504
pembulatan			5	4	8	5

VI. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Kondisi tanah pada jalan tol Porong-Gempol paket 3A adalah sebagai berikut:
 - Kedalaman tanah lunak bervariasi yaitu 5 meter sampai dengan 17 meter
 - Kedalaman tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 18-20 meter.
- Stabilitas tanah timbunan yang dihitung dengan program bantu diketahui bahwa nilai SF terkecil adalah 0,898; jadi angka keamanan di lapangan kurang dari SF rencana (1,5) yang berarti timbunan dalam kondisi tidak aman atau kondisi kritis.
- Kedalaman tanah keras berada pada bilitas tanah timbunan yang dihitung dengan program bantu diketahui bahwa nilai SF terkecil adalah 0,898; jadi angka keamanan di lapangan kurang dari SF rencana (1,5) yang berarti timbunan dalam kondisi tidak aman atau kondisi kritis.
- Paket 3A tidak mengalami kelongsoran seperti paket 3B (berdasarkan analisa instrumen geoteknik) karena :
 - Semua titik *settlement plate* menunjukkan derajat konsolidasi lebih dari 90%, yang berarti pemampatan tanah dasar di bawah timbunan sudah selesai.
 - Pengukuran muka air dalam piezometer mendukung hasil pembacaan dari *settlement plate* yang menunjukkan pemampatan tanah dasar sudah selesai.
 - Inclinometer tidak menunjukkan adanya bahaya longsor (tetap tegak) sehingga tanah timbunan dapat dikatakan aman.
- Perkuatan lereng direncanakan dengan menggunakan *sheetpile* tipe W-500-A-1000 sebanyak 5 buah sedalam 13 meter atau *micropile* diameter 600 mm sebanyak 5 buah dengan kedalaman 13 meter.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. M. Das, *Mekanika Tanah 1: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Terjemahan. Surabaya: Erlangga, 1988.
 [2] B. M. Das, *Mekanika Tanah 2: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Terjemahan. Surabaya: Erlangga, 1988.