

## PENGUJIAN SKALA PENUH DAN ANALISIS PERKUATAN CERUCUK MATRAS BAMBU UNTUK TIMBUNAN BADAN JALAN DI ATAS TANAH LUNAK DI LOKASI TAMBAK OSO, SURABAYA

Masyhur Irsyam<sup>1)</sup>, Sugeng Krisnanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf pengajar pada Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung

<sup>2)</sup> Asisten akademik pada Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung

### ABSTRACT

*Bamboo pile-mattress was proposed as an alternative ground reinforcement to support road embankment on soft soils for the Surabaya Eastern Ring Road Project. A full scale test program was performed to investigate reliability of the reinforcement system since standard calculation for this type of construction was not available. The full scale program was consisted of ground settlement monitoring by settlement plates and pore water pressure monitoring by piezometers. Readings were taken for each stage of embankment construction.*

*Analytical and numerical analyses were also performed to verify the full scale test results. Analytical calculation for immediate settlement was performed based on the elasticity theory, for consolidation settlement was performed by the 1-D Terzaghi's consolidation theory. Numerical calculation was performed using the finite element method utilizing a commercial software package called PLAXIS. In the finite element analyses, subsurface soil and embankment were modeled as elastic-plastic solid materials using the Mohr-Coulomb failure criteria. Bamboo piles and mattress were modeled as elastic-plastic springs and elastic-plastics beams, respectively.*

*Monitoring records and analysis results show that bamboo pile-mattress reinforcement has effectively increased stability. Consolidation settlement was found to be relatively uniform. Results also show that monitoring records and analysis results are relatively similar.*

**KEYWORDS:** *bamboo pile-mattress system, embankment on soft soil, soil reinforcement, finite element method*

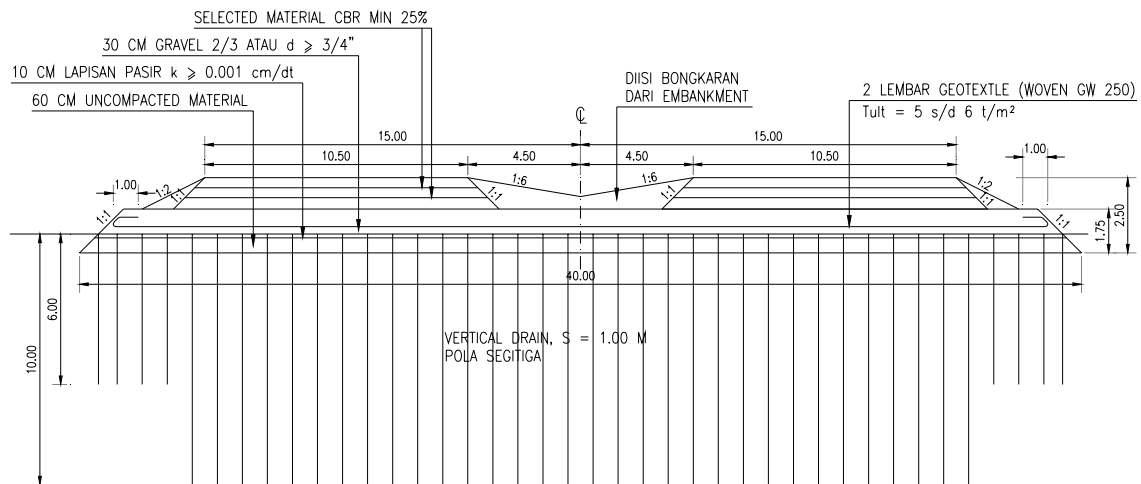
### PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya sebagian besar melewati daerah dengan kondisi tanah dasar berupa lempung sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 12 – 45 m. Pada daerah-daerah tersebut jalan tol direncanakan menggunakan timbunan badan jalan. Penggunaan timbunan badan jalan di atas tanah lunak diprediksi akan menimbulkan masalah stabilitas lereng, daya dukung tanah dasar dan penurunan tanah dasar.

Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak untuk proyek tersebut adalah dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain. Kedalaman vertical drain yang digunakan dalam rancangan awal adalah 10 m, sedangkan geotextile yang digunakan bervariasi

si dari 2 hingga 7 lapis tergantung tinggi timbunan yang direncanakan. Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain untuk tinggi timbunan 2,5 m ditunjukkan dalam Gambar 1.

Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu diajukan sebagai alternatif terhadap rancangan awal tersebut. Sistem cerucuk matras bambu merupakan sistem perkuatan tanah dasar yang mengkombinasikan cerucuk bambu dan matras bambu untuk memikul timbunan badan jalan. Sistem ini memanfaatkan perilaku cerucuk bambu sebagai pondasi, matras bambu untuk meratakan beban timbunan dan gaya apung bambu untuk menambah daya dukung terhadap beban timbunan.



Gambar 1. Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain (PT Citra Marga Nusaphala Persada Tbk., 1998).

Untuk menguji kehandalan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu sebagai alternatif rancangan, dilakukan pengujian skala penuh di sekitar lokasi rencana Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya yaitu di Tambak Oso. Lokasi Tambak Oso dipilih sebagai tempat pengujian karena pada lokasi tersebut dijumpai lapisan lempung sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 30 m dan pada lokasi tersebut relatif tidak dijumpai lensa pasir. Dengan demikian lokasi tersebut mewakili kondisi tanah yang cukup jelek pada lokasi rencana Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya. Pengujian trial embankment skala penuh dilakukan oleh PT. Hutama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk. dan LPPM ITB sebagai penelitian bersama.

Makalah ini menyajikan hasil pengujian trial embankment skala penuh timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu di lokasi Tambak Oso, Surabaya. Sebelum pengujian skala penuh dilaksanakan di lapangan, terlebih dahulu dilakukan analisis stabilitas timbunan dan prediksi penurunan tanah dasar yang akan terjadi akibat beban trial embankment tersebut. Prediksi penurunan tanah dasar yang akan terjadi dilakukan menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga. Pengujian di lapangan mencakup konstruksi trial embankment dan pengamatan stabilitas trial embankment dan penurunan tanah dasar selama rentang waktu tertentu. Hasil pengamatan ini dibandingkan dengan prediksi penu-

runan yang akan terjadi pada akhir konsolidasi untuk mengetahui derajat konsolidasi yang terjadi.

#### PENGALAMAN SEBELUMNYA DENGAN CERUCUK DAN / ATAU MATRAS BAMBUNY SEBAGAI PERKUATAN TANAH DASAR PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk dan / atau matras bambu telah digunakan pada beberapa pekerjaan timbunan di atas tanah lunak. Penggunaan matras bambu dalam pembangunan embankment dike di PLTGU Tambak Lorok Semarang ditunjukkan dalam

Gambar 2. Pada lokasi tersebut matras bambu digunakan sebagai perkuatan tanah dasar di bawah embankment dike pada out fall channel sepanjang 1 km. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lempung berlanau sangat lunak hingga lunak sedalaman 27 m, sedangkan timbunan out fall channel yang dibangun adalah setinggi 3 m. Matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.

Penggunaan cerucuk matras bambu untuk bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrengan Surabaya ditunjukkan dalam Gambar 3. Pada pekerjaan tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah timbunan struktur palisade. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lumpur dan lempung sangat lunak sedalam 12 – 20 m, sedangkan timbunan struktur palisade yang dibangun adalah setinggi 2,5 – 5 m diatas seabed.

Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 8 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.

Cerucuk matras bambu juga telah digunakan pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta. Pada lokasi tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah struktur causeway dan struktur breakwater. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa tanah lempung sangat lunak hingga lunak dengan kedalaman 9 – 14 m,

sedangkan timbunan break water yang dibangun adalah setinggi 6,6 m diukur dari seabed dengan ketinggian di atas muka air laut terendah sebesar 3,6 m. Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 6 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 5 lapis. Penggunaan cerucuk matras bambu pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta ditunjukkan dalam Gambar 4.



(a) Pemasangan matras bambu



(b) Penghamparan geotextile di atas matras bambu



(c) Penimbunan embankment dike di atas cerucuk matras bambu

Gambar 2. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan dalam pembangunan embankment dike pada tambak Lorok Out Fall Channel sepanjang 1 km di PLTGU tambak Lorok, Semarang (Irysam, 1996).



(a) Pemasangan cerucuk bambu



(b) Pemasangan matras bambu



(c) Konstruksi timbunan dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu

Gambar 3. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan untuk timbunan struktur Palisade pada bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrembangan, Surabaya (Irsyam, 2000).



(a) Pemasangan cerucuk bambu



(b) Pemasangan matras bambu



(c) Struktur Causeway dan Breakwater dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu

Gambar 4. Perkuatan cerucuk matras bambu digunakan dalam struktur Break Water dan Cause-way di pelabuhan ikan Muara Angke, Jakarta Utara (Irsyam, 2000) .

**KONDISI TANAH PADA LOKASI PENGUJIAN**

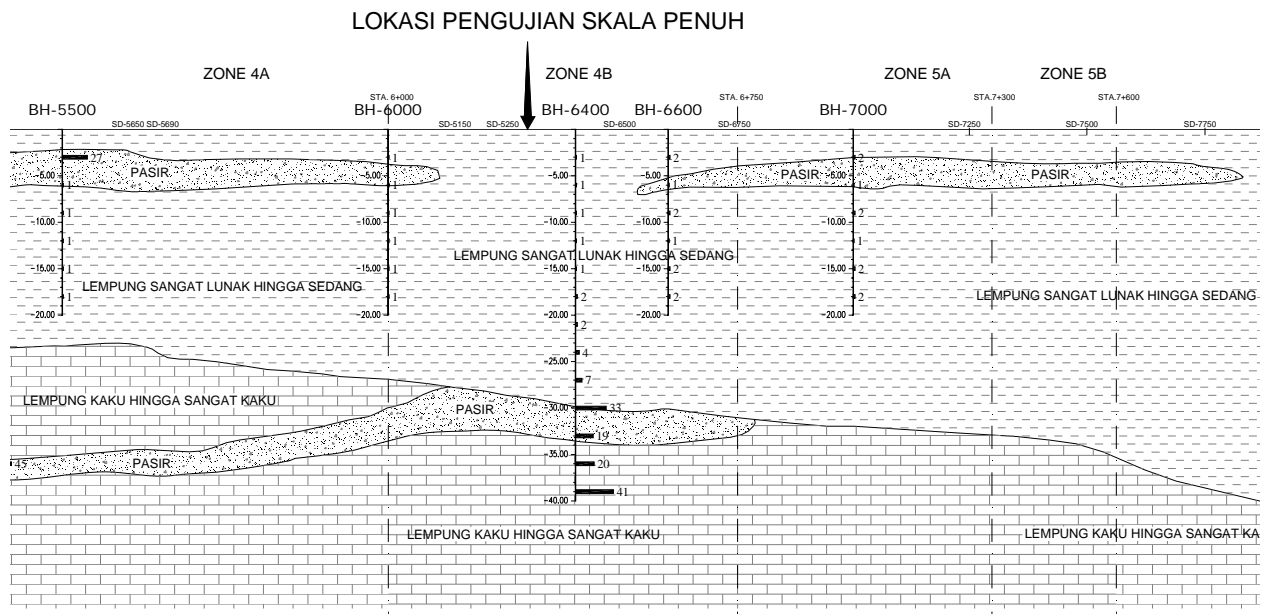
Dari data hasil penyelidikan tanah diketahui bahwa di sekitar lokasi pengujian terdapat lapisan lempung dengan konsistensi sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 25 m hingga 45 m. Di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan lempung dengan konsistensi kaku hingga sangat kaku. Lensa-lensa pasir terdapat pada lapisan lempung sangat lunak hingga lunak pada zona 4A, zona 5A dan zona 5B. Kondisi perlapisan tanah di sekitar lokasi pengujian dapat dilihat dalam Gambar 5.

Pengujian trial embankment skala penuh dilakukan pada zona 4B. Pada daerah tersebut, tanah lempung sangat lunak hingga sedang memiliki

ketebalan 30 m dan tidak terdapat lensa pasir. Properti tanah pada lokasi pengujian ditunjukkan dalam Tabel 1.

**ANALISIS SEBELUM DILAKUKAN KONSTRUKSI TRIAL EMBANKMENT SKALA PENUH**

Sebelum dilakukan pengujian trial embankment skala penuh di lapangan, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan terhadap trial embankment dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu yang akan dikonstruksi tersebut. Analisis pendahuluan dilakukan untuk:



Gambar 5. Kondisi perlapisan tanah di sekitar lokasi pengujian. (PT Citra Marga Nusaphala Persada Tbk., 1998)

Tabel 1 Properti Tanah pada Lokasi Pengujian (PT. Utama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk, LPPM Institut Teknologi Bandung, 2005)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	c (kN/m <sup>2</sup> )	φ (°)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	e <sub>o</sub>	C <sub>c</sub>
0 – 23	lempung sangat lunak	6 – 15	1	14	2	0,9
23 – 25	lempung lunak	15 – 35	1	15	1,8	0,8
25 – 30	lempung sedang	35 – 55	1	16	1	0,75
dibawah 30	lempung kaku hingga sangat kaku	55 – 150	1	16		

- a. Menjamin bahwa tanah dasar kuat memikul beban akibat trial embankment skala penuh
- b. Menjamin bahwa trial embankment skala penuh yang akan dikonstruksi memiliki stabilitas lereng yang cukup
- c. Memprediksi penurunan yang akan terjadi pada saat dan setelah dilakukan konstruksi trial embankment

### 1. Mekanisme Keruntuhan Timbunan Badan Jalan

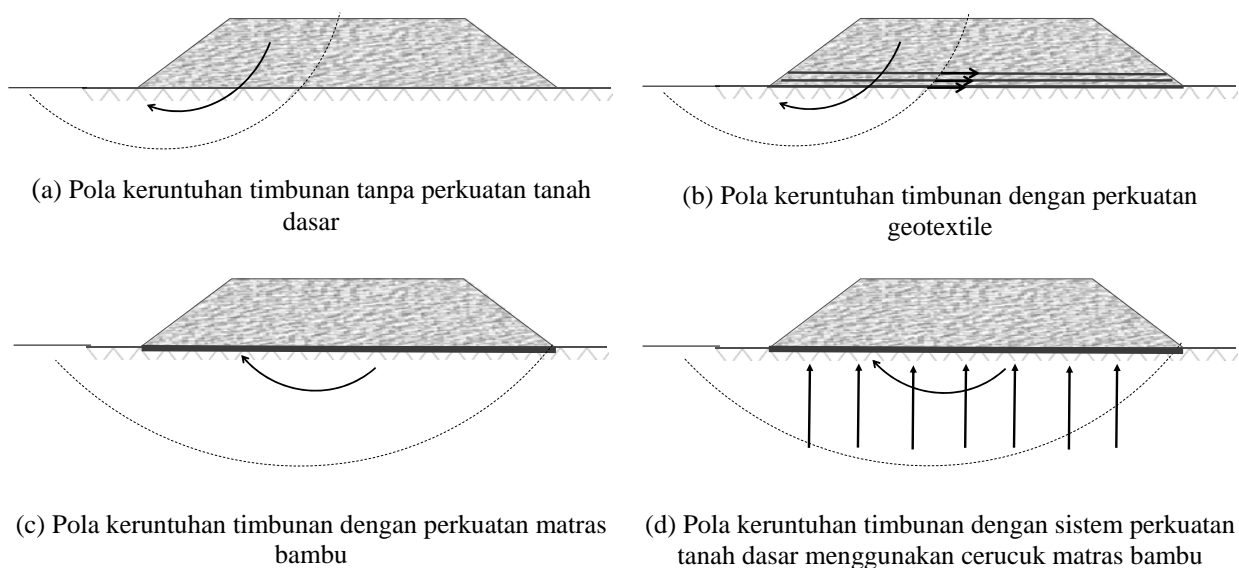
Mekanisme keruntuhan timbunan di atas tanah lunak dengan berbagai jenis perlakuan terhadap tanah dasar ditunjukkan dalam Gambar 6. Apabila tanah dasar tidak diberikan perkuatan, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan dalam dengan bidang keruntuhan memotong timbunan dan melewati tanah dasar, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6(a). Penggunaan perkuatan geotextile dapat meningkatkan angka keamanan stabilitas timbunan dibandingkan tanah dasar tanpa perkuatan karena kuat tarik geotextile tersebut dapat memberi tahanan momen tambahan pada bidang keruntuhannya (Gambar 6(b)). Perkuatan matras bambu dapat meningkatkan stabilitas timbunan lebih tinggi dibandingkan penggunaan geotextile. Dengan adanya matras bambu, maka bidang kelongsoran yang terjadi tidak dapat memotong matras bambu tersebut.

Lintasan kelongsoran lebih panjang dibandingkan dengan perkuatan geotextile sehingga angka keamanan meningkat (Gambar 6(c)). Penambahan cerucuk pada matras bambu menambah daya dukung tanah dasar karena cerucuk matras bambu mentransfer beban timbunan ke lapisan tanah yang lebih dalam (Gambar 6(d)).

### 2. Analisis Penurunan Tanah Dasar

Analisis penurunan tanah dasar mencakup perhitungan penurunan seketika dan penurunan konsolidasi. Analisis penurunan tanah dasar dilakukan dengan metode analitis dan metode elemen hingga. Pada analisis penurunan tanah dasar dengan metode analitis, perhitungan penurunan seketika dilakukan dengan memodelkan tanah sebagai material elastik dan perhitungan penurunan konsolidasi dilakukan menggunakan teori konsolidasi 1 dimensi dari Terzaghi (Terzaghi, 1967).

Tahapan penimbunan dalam analisis disesuaikan dengan rencana pengujian skala penuh di lapangan, yaitu penimbunan tahap 1 setinggi 2,5 m ditambah dengan timbunan tahap 2 hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penimbunan tahap 2 ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan timbunan tahap 1 direncanakan



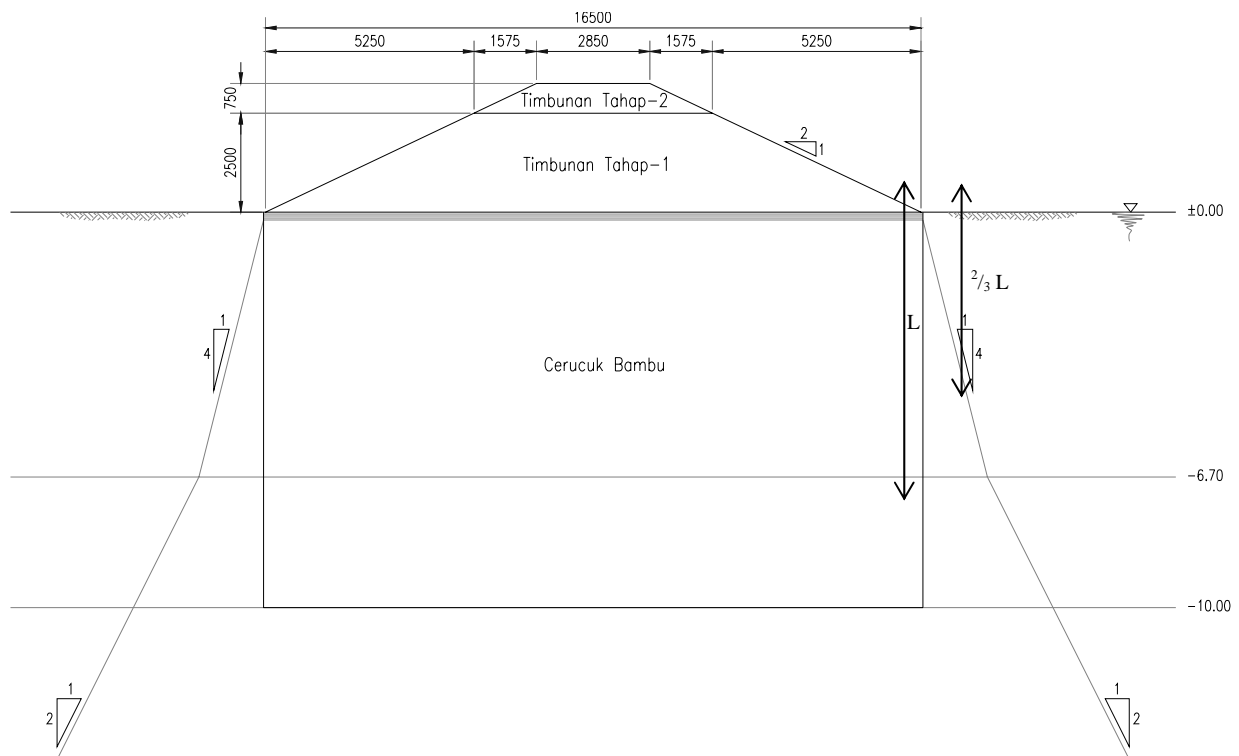
Gambar 6. Pola keruntuhan timbunan dengan berbagai jenis perlakuan terhadap tanah dasar.

selama 20 hari, sedangkan timbunan tahap 2 direncanakan dikonstruksi 55 hari setelah timbunan tahap 1 selesai. Dalam perhitungan besar penurunan konsolidasi, distribusi penambahan tegangan pada tanah dasar akibat beban timbunan dihitung menggunakan distribusi tiang kelompok yang didominasi oleh transfer beban melalui tahanan selimut tiang (Tomlinson, 1977). Pemodelan penyebaran tegangan pada tanah dasar untuk perhitungan besar penurunan konsolidasi ditunjukkan dalam Gambar 7.

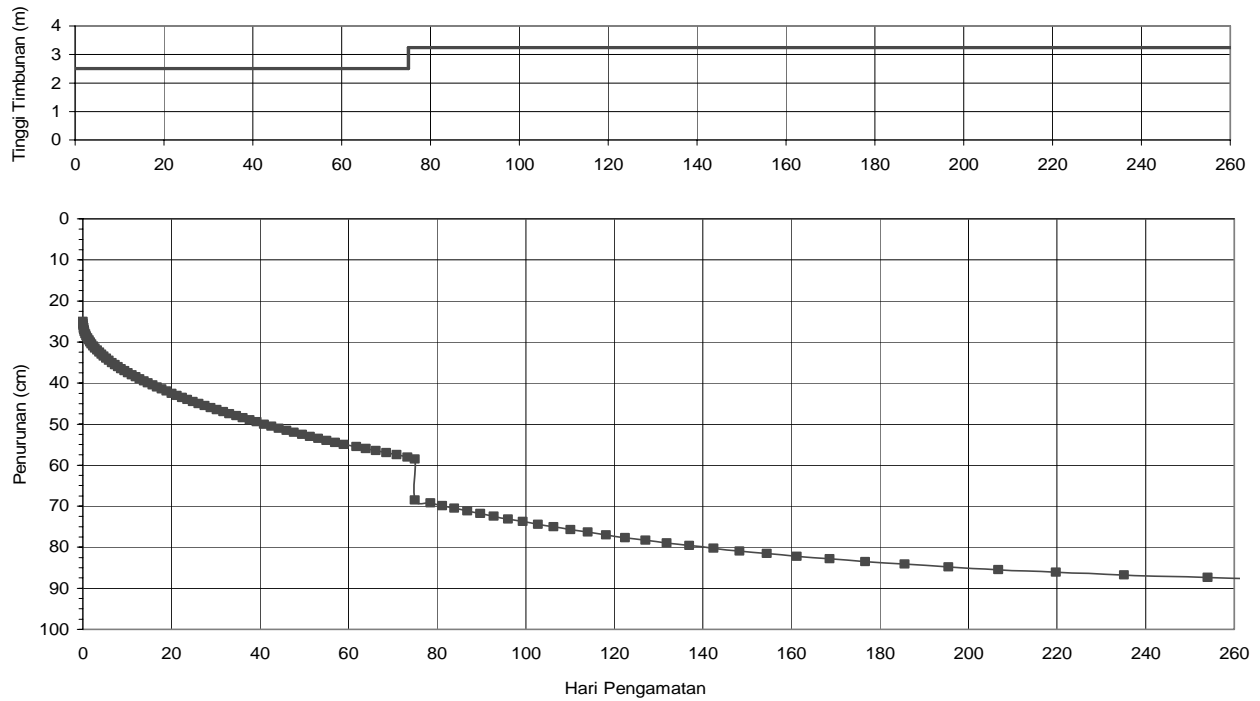
Dari hasil perhitungan menggunakan metode analitis, diprediksi penurunan seketika yang akan terjadi adalah sebesar  $\pm 125$  cm untuk tinggi timbunan 2,5 m dan  $\pm 10$  cm setelah penambahan timbunan hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada hari ke-75 sesaat sebelum penambahan timbunan diprediksi sebesar  $\pm 33,5$  cm, sedangkan penurunan konsolidasi setelah penambahan timbunan diprediksi sebesar  $\pm 54,5$  cm. Prediksi laju penurunan konsolidasi (timerate consolidation) menggunakan teori konsolidasi Terzaghi 1-D ditunjukkan dalam Gambar 8.

Analisis penurunan tanah dasar juga dilakukan menggunakan metode elemen hingga

dengan bantuan program PLAXIS (Brinkgreve & Vermeer, 1998). Pada analisis penurunan tanah menggunakan metode elemen hingga, tanah dasar dan tanah timbunan dimodelkan menggunakan material solid, cerucuk bambu dimodelkan menggunakan pegas-pegas, sedangkan matras bambu dimodelkan dengan material beam. Perilaku material solid untuk tanah timbunan dan tanah dasar dimodelkan dengan material elastik-plastik. Keruntuhan tanah dimodelkan menggunakan teori keruntuhan Mohr-Coulomb menggunakan parameter-parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut geser tanah), sedangkan perilaku deformasi tanah dimodelkan menggunakan parameter modulus elastisitas tanah. Modulus elastisitas tanah dasar dihitung menggunakan korelasi modulus elastisitas terhadap nilai kohesi, overconsolidation dan indeks plastisitas dari Jamiolkowski et al. (1979). Pegas untuk memodelkan cerucuk bambu menggunakan model elastik-plastik. Kondisi plastik pegas dihitung dari daya dukung ultimit satu buah cerucuk bambu, sedangkan konstanta pegas dihitung dari daya dukung ultimit satu buah cerucuk dibagi dengan perkiraan besarnya penurunan yang diperlukan untuk

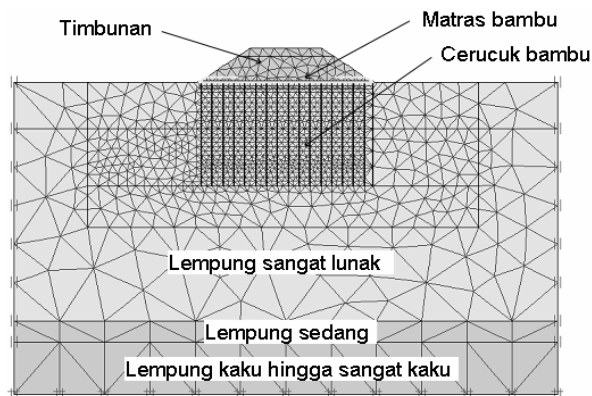


Gambar 7. Pemodelan penyebaran tegangan pada tanah dasar.



Gambar 8. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan teori konsolidasi 1 dimensi Terzaghi.

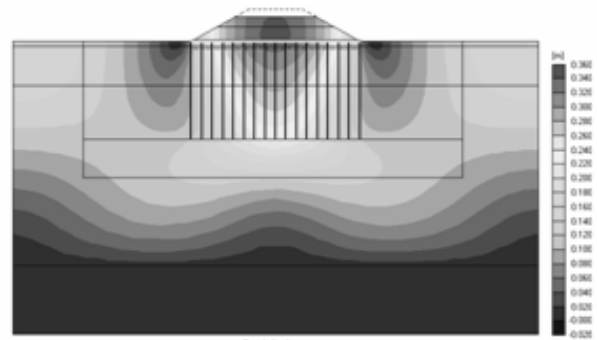
memobilisir daya dukung ultimit cerucuk. Material beam untuk memodelkan matras bambu menggunakan model elastik-linear. Modulus elastisitas material beam disesuaikan dengan material bambu penyusun matras, sedangkan momen inersia material beam disesuaikan dengan geometri matras bambu. Model elemen hingga trial embankment ditunjukkan dalam Gambar 9.



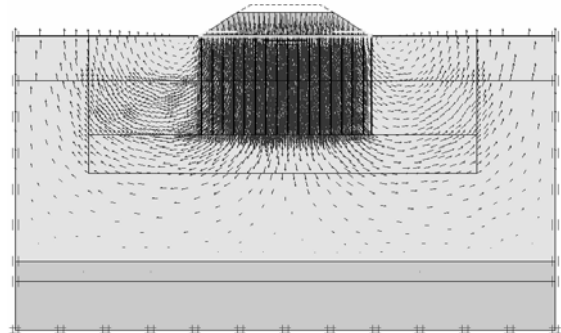
Gambar 9. Pemodelan elemen hingga trial embankment.

Analisis menggunakan metode elemen hingga dilakukan untuk memperkirakan besar penurunan seketika akibat konstruksi timbunan tahap pertama setinggi 2,5 m, besar penurunan seketika akibat penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,25 m, besar penurunan pada akhir waktu konsolidasi dan

laju penurunan konsolidasi. Hasil analisis penurunan tanah menggunakan metode elemen hingga ditunjukkan dalam output Program PLAXIS dalam Gambar 10 hingga Gambar 12 berikut ini.



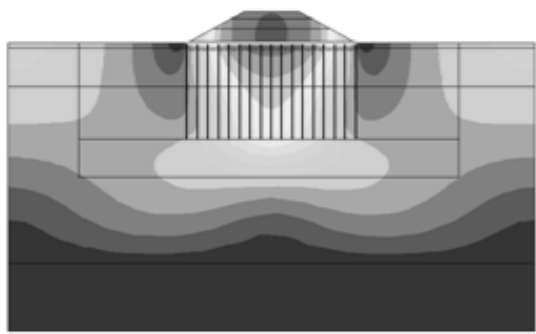
(a) Pola deformasi (Shading)



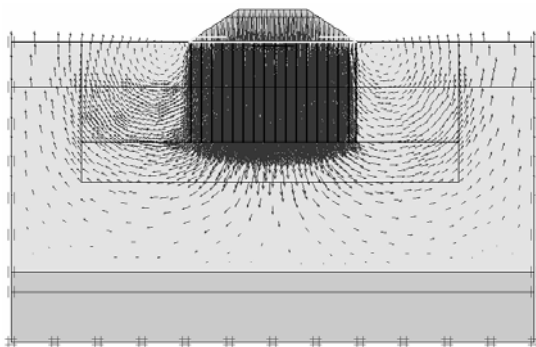
(b) Pola deformasi (Vector)

Gambar 10. Penurunan seketika akibat timbunan badan jalan dengan tinggi 2,5 m.





(a) Pola Deformasi (Shading)



(b) Pola Deformasi (Vector)

Gambar 11. Penurunan seketika timbunan badan jalan akibat tambahan timbunan setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,5 m.

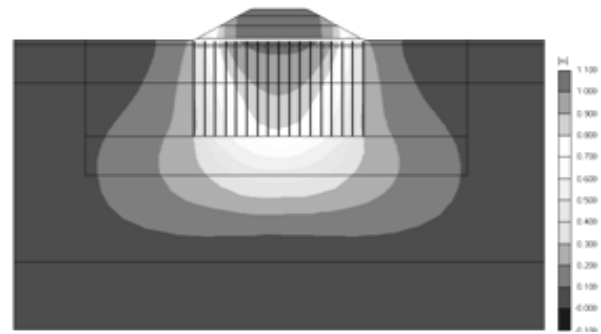
Dari hasil perhitungan menggunakan metode ini, diprediksi penurunan seketika yang akan terjadi adalah sebesar  $\pm 25$  cm untuk tinggi timbunan 2,5 m dan  $\pm 15$  cm setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,25 m. Penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada hari ke-75 sesaat sebelum penambahan timbunan diprediksi sebesar  $\pm 25$  cm, sedangkan penurunan konsolidasi setelah penambahan timbunan diprediksi sebesar  $\pm 58$  cm. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan metode elemen hingga ditunjukkan dalam Gambar 13.

Berdasarkan prediksi penurunan menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga, penurunan elastik yang akan terjadi diperkirakan sebesar 37 cm, sedangkan penurunan konsolidasi yang akan terjadi diperkirakan sebesar 58 cm.

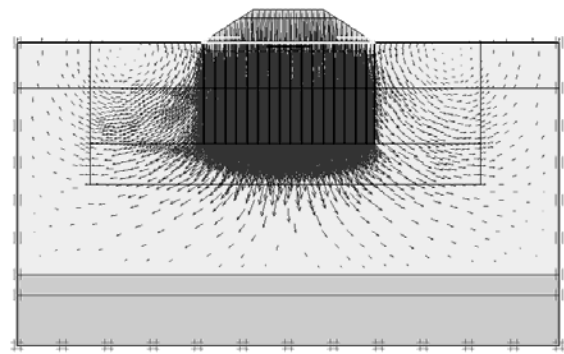
## PELAKSANAAN PENGUJIAN DI LAPANGAN

### 1. Konstruksi Trial Embankment dan Pemasangan Instrumentasi

Konstruksi trial embankment skala penuh dilakukan oleh PT. Hutama Karya. Trial embankment yang dibangun memiliki panjang 58 m, lebar 16,5 m dan tinggi 3,25 m. Detail trial



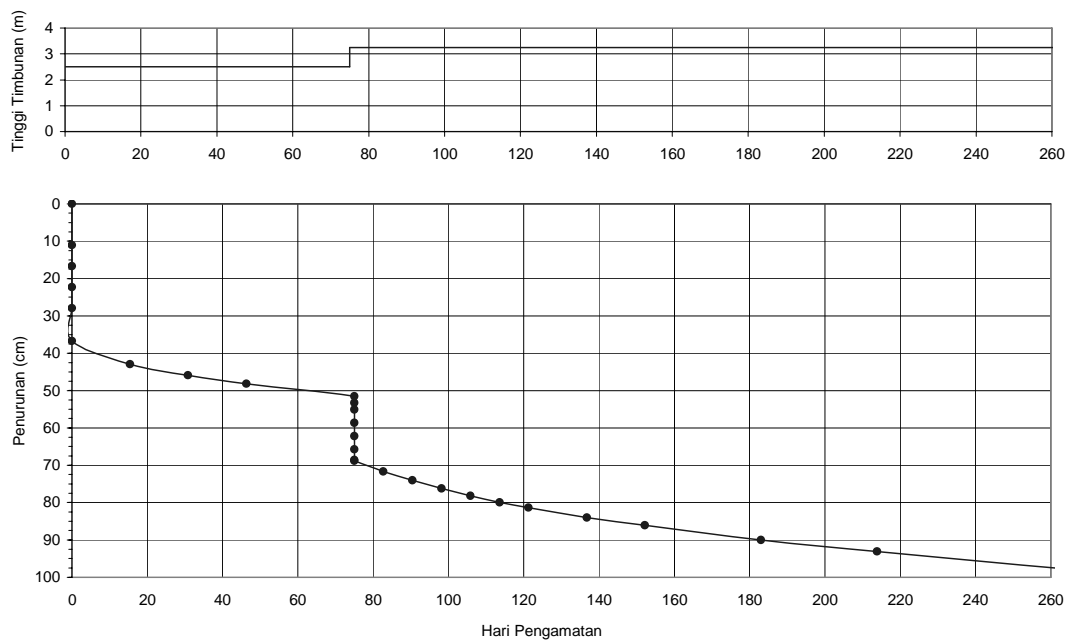
(a) Pola Deformasi (Shading)



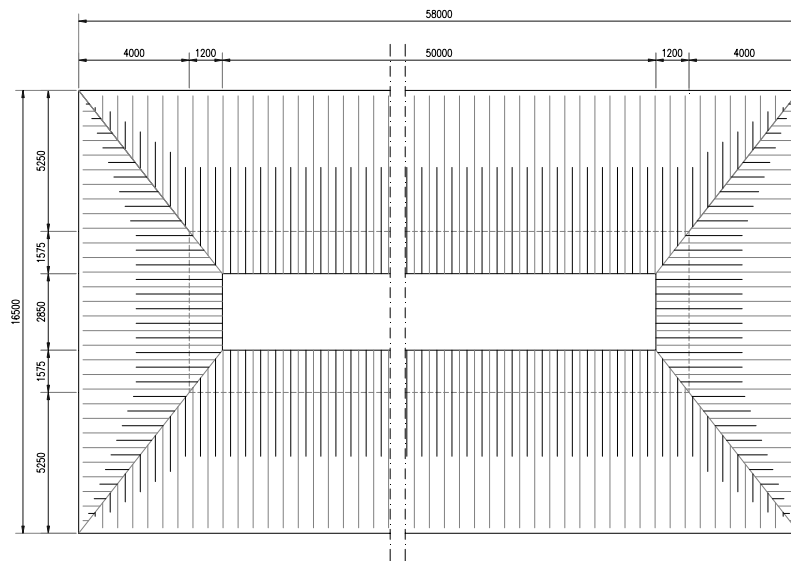
(b) Pola Deformasi (Vector)

Gambar 12. Penurunan total pada akhir masa konsolidasi akibat timbunan badan jalan setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,5 m.

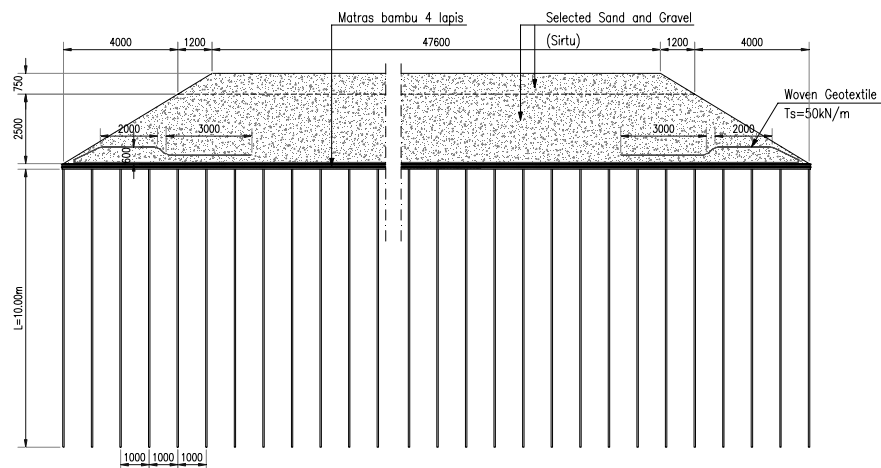
embankment yang dikonstruksi di lapangan ditunjukkan dalam Gambar 14. Tanah di dasar trial embankment tersebut diberi perkuatan cerucuk matras bambu. Cerucuk bambu yang digunakan sedalam 10 m, yang tersusun dari cluster 3 batang bambu dengan jarak antar cerucuk 1 m, sedangkan matras bambu menggunakan 4 lapis bambu yang disusun dengan orientasi antar lapisan saling tegak lurus. Detail cerucuk matras bambu yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 15. Untuk mencegah masuknya material timbunan ke tanah dasar, maka di atas matras bambu dipasang geotextile. Penimbunan tahap pertama dilakukan di atas lapisan geotextile tersebut. Penimbunan dilakukan sampai setinggi 2,5 m. Setelah dilakukan penimbunan sampai setinggi 2,5 m, dilakukan penambahan timbunan hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penambahan timbunan ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan penimbunan tahap pertama sampai setinggi 2,5 m dilakukan selama sekitar 20 hari, yaitu dari tanggal 9 Mei 2005 hingga 11 Juni 2005, sedangkan penambahan timbunan dilaksanakan 55 hari setelah timbunan tahap pertama selesai.



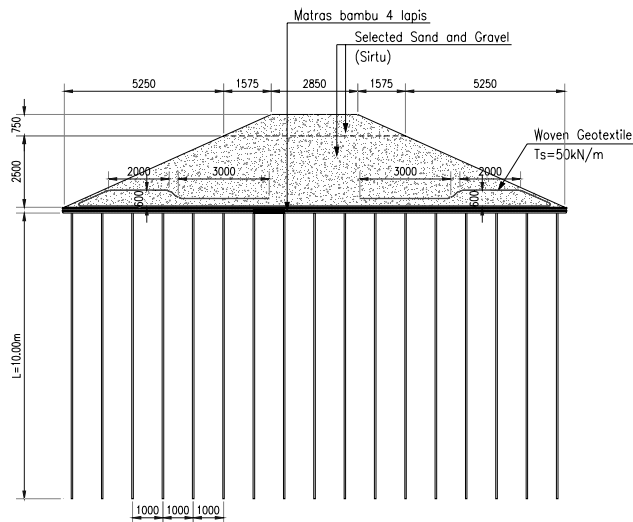
Gambar 13. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan metode elemen hingga.



(a) Tampak atas trial embankment

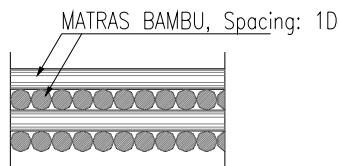


(b) Potongan memanjang trial embankment

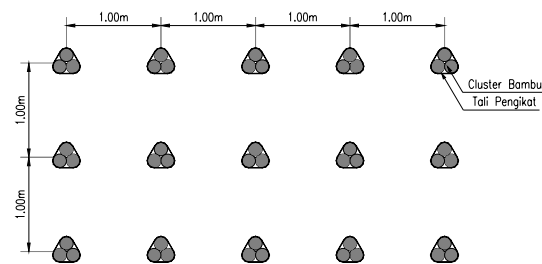


(c) Potongan melintang trial embankment

Gambar 14. Detail trial embankment.



(a) Detail Matras Bambu

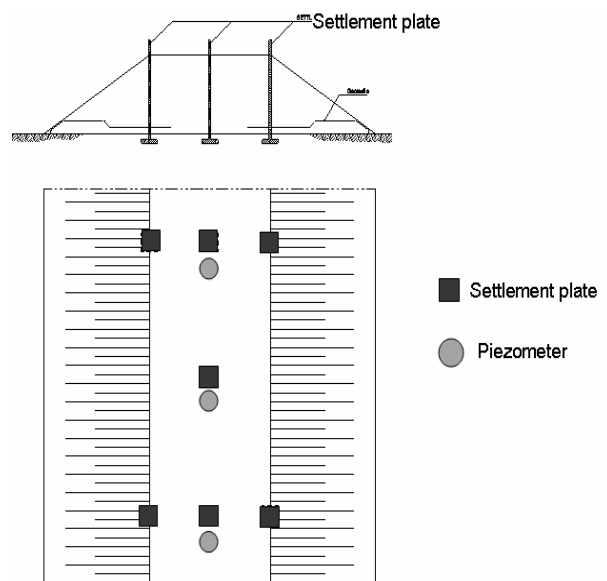


(b) Detail Cerucuk Bambu

Gambar 15. Detail cerucuk matras bambu.

Untuk mengamati penurunan tanah dasar akibat beban trial embankment skala penuh, dipasang instrumentasi berupa tujuh buah settlement plate. Piezometer dipasang pada tiga lokasi untuk mengamati tekanan air pori yang terjadi. Posisi penempatan settlement plate dan piezometer pada trial embankment ditunjukkan dalam Gambar 16.

Pelaksanaan konstruksi trial embankment skala penuh dilakukan dengan terlebih dahulu memancang cerucuk bambu. Matras bambu setebal 4 lapis kemudian diletakkan di atas cerucuk-cerucuk bambu tersebut. Geotextile digunakan di atas matras bambu untuk mencegah masuknya material timbunan ke tanah dasar. Selanjutnya penimbunan dilaksanakan lapis per lapis. Pelaksanaan konstruksi trial embankment skala penuh di lapangan ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 16. Posisi penempatan settlement plate dan piezometer pada trial embankment.



(a) Pemasangan Cerucuk Bambu



(b) Ikatan 3 Bambu untuk Struktur Cerucuk



(c) Pemasangan Matras Bambu



(d) Pelaksanaan Penimbunan



(e) Penyelesaian Timbunan Badan Jalan

Gambar 17. Pelaksanaan konstruksi trial embankment.

## 2. Pengamatan Trial Embankment

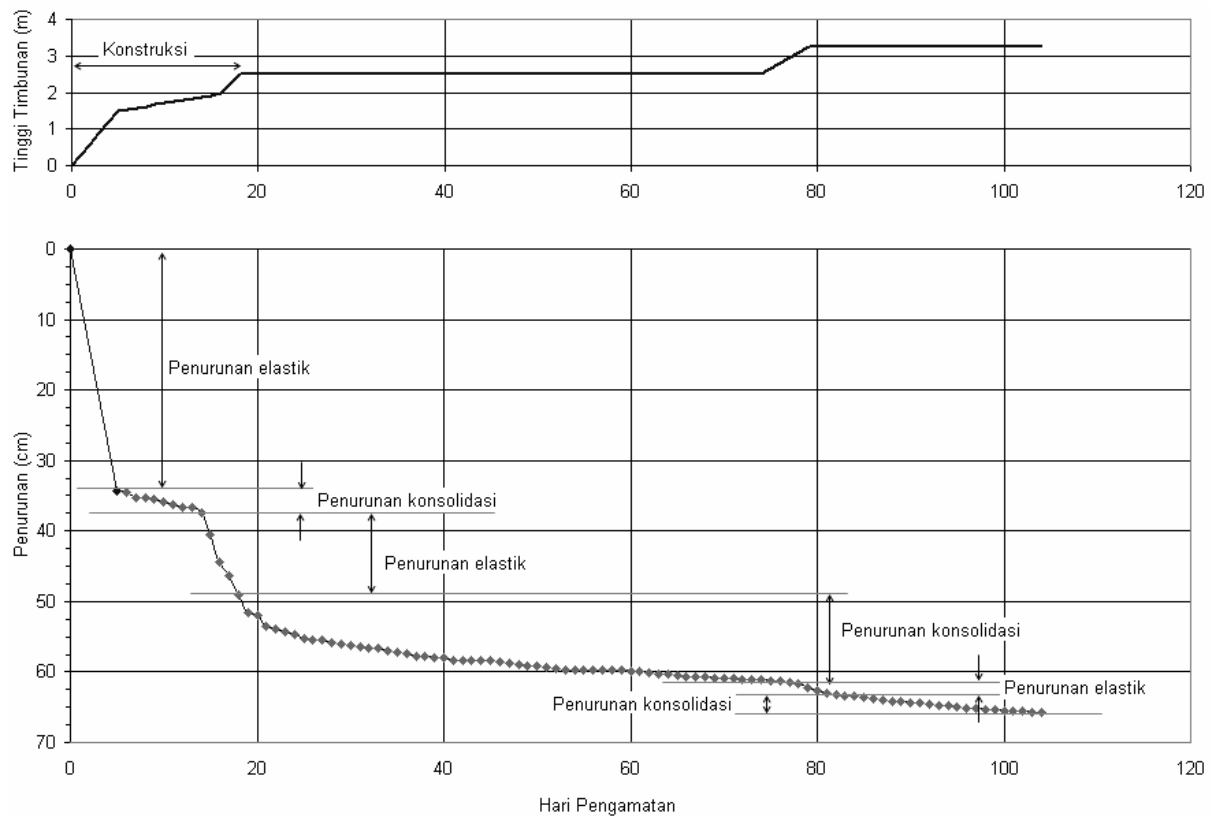
Pengamatan terhadap stabilitas timbunan dan penurunan tanah dasar akibat konstruksi trial embankment dilakukan selama 3 bulan yaitu dari tanggal 26 Mei 2005 sampai tanggal 6 September 2005. Dari pengamatan diketahui bahwa dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu, daya dukung tanah dasar mencukupi untuk memikul beban akibat trial embankment setinggi 3,25 m dan timbunan

memiliki stabilitas lereng yang cukup. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap ketujuh settlement plate yang terpasang. Hasil pengamatan penurunan yang terjadi pada ketujuh settlement plate ditunjukkan dalam

Tabel 2, sedangkan contoh pengamatan penurunan tanah dasar pada settlement plate 4 (di tengah trial embankment) ditunjukkan dalam Gambar 18.

Tabel 2 Rangkuman Hasil Pengamatan Penurunan yang Terjadi

Posisi Pengamatan	Penurunan Seketika (cm)	Penurunan Konsolidasi Hasil Pengamatan Selama Tiga Bulan (cm)
settlement plate-1	35,00	14,90
settlement plate -2	27,10	16,00
settlement plate -3	32,10	15,60
settlement plate -4	47,80	17,50
settlement plate -5	41,30	15,90
settlement plate -6	49,30	17,50
settlement plate -7	50,70	15,50

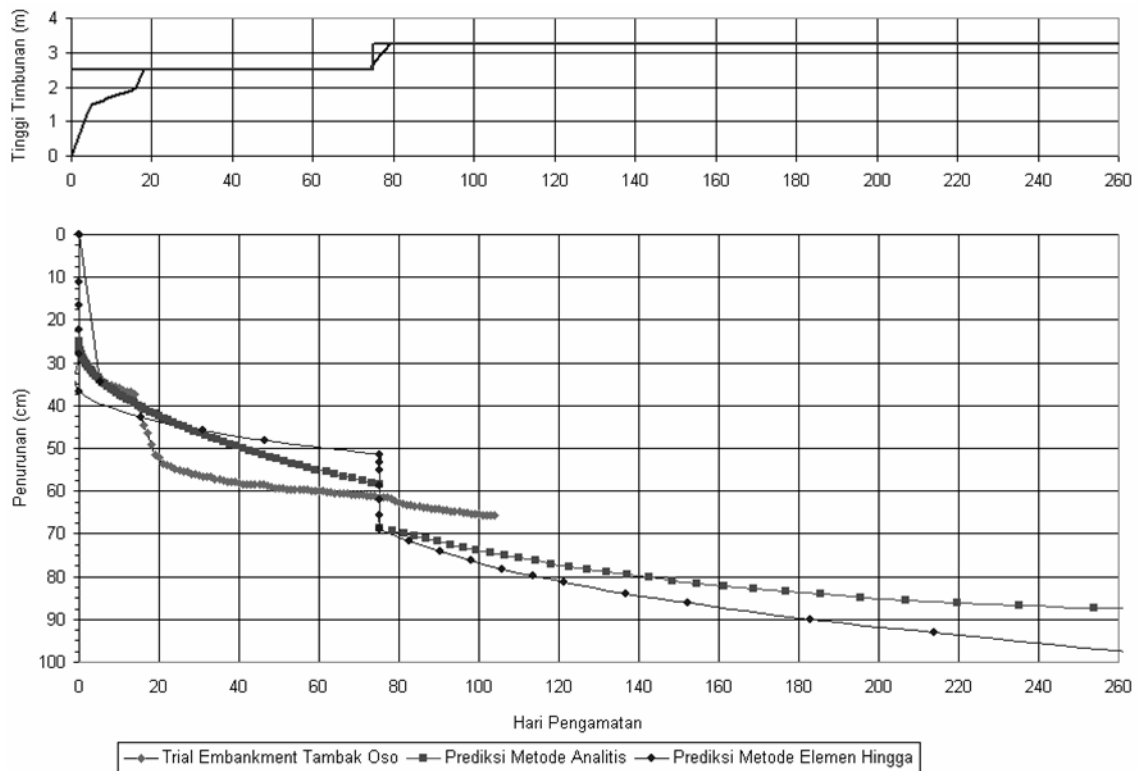


Gambar 18. Pengamatan penurunan pada lokasi settlement plate 4.

**PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN SKALA PENUH DENGAN HASIL ANALISIS DAN DATA PENGAMATAN SEBELUMNYA**

Perbandingan hasil pengamatan penurunan tanah dasar pada trial embankment dengan hasil analisis pengamatan sebelumnya ditunjukkan dalam Gambar 19. Dari perbandingan data-data yang ada terlihat bahwa penurunan konsolidasi tanah dasar akibat beban timbunan apabila tanah

dasar diberi perkuatan cerucuk matras bambu lebih kecil dibandingkan apabila tanah dasar diperbaiki dengan vertical drain. Dari data pengamatan model uji timbunan skala penuh dibandingkan dengan prediksi penurunan yang akan terjadi, maka penurunan tanah dasar timbunan dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu diperkirakan sudah mencapai 30%.



Gambar 19. Perbandingan hasil pengujian skala penuh dengan hasil analisis dan data pengamatan sebelumnya.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengamatan lapangan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan terhadap trial embankment diketahui bahwa dengan menggunakan sistem cerucuk matras bambu:
  - Daya dukung tanah dasar mencukupi untuk memikul beban akibat trial embankment
  - Timbunan memiliki stabilitas lereng yang cukup
  - Penurunan yang terjadi relatif seragam.
  - Setelah pengamatan selama 3 bulan, laju penurunan tanah dasar mengecil, apabila dibandingkan dengan perkiraan prediksi penurunan akhir yang akan terjadi, konsolidasi yang telah terjadi pada akhir pengamatan diperkirakan telah mencapai 30%.
2. Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu dapat digunakan

sebagai alternatif rancangan timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya. Penurunan yang terjadi dapat diatasi dengan perawatan berkala berupa overlay.

3. Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu dapat digunakan untuk konstruksi badan jalan di atas tanah lunak untuk tinggi timbunan 3,25 m dan ketebalan maksimum tanah lunak 30 m.

## REFERENSI

- Brinkgreve & Vermeer (1998), "*PLAXIS: Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*", A. A. Balkema, Rotterdam.
- Indijono, Tri (1999), "*Kinerja Berbagai Jenis Salir Tegak pada Perilaku Konsolidasi Tanah Lunak di Uji Timbunan untuk Jalan Lingkar Timur Surabaya*", Tesis Magister, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- Irsyam, M. (1996), "*Stability Analysis for Coastal Embankment, A Case Study at the Discharge Canal Embankment of the Tambak Lorok Combine Cycle Power Plan*", Proceeding of International Symposium on Offshore Engineering, Bandung.
- Irsyam, M. (2000), "*Laporan Dermaga Kapal Penyebrangan di Pantura Bagi Masyarakat Kepulauan Seribu*", Dinas PU Pemda DKI Jakarta – PT Agusta Primakarsa.
- Irsyam, M., Soedanasto, Pramotahardjo, Y.A., Himawan, A., (2000), "*Modifikasi Konstruksi Dinding Penahan untuk Reklamasi di Atas Tanah Sangat Lunak di Daerah Boezem-Morokrengan*", Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Geoteknik IV, Jakarta.
- Jamiolkowki, M., Lancellotta, R., Marchetti, S., Nova, R., Pasqualini, E. (1979), "*Design Parameters for Soft Clays*", Proc. 7<sup>th</sup> Eur. Conf. on Soil Mech. Found. Engng., Vol. 5, 21-54, Brighton.
- Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Bandung (1997), "*Hasil Pekerjaan Penyelidikan Tanah Trial Embankment Surabaya Eastern Ring Road, Lokasi Pondok Chandra, Surabaya*", Bandung.
- PT. Citra Marga Nusaphala Persada (1998), "*Laporan Geoteknik Tahap I Ruas Waru – Tambak Oso – Akses Juanda, Rencana Teknik Akhir Proyek Jalan Tol Simpang Susun Waru – Tanjung Perak Surabaya (SERR)*".
- PT. Hutama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk, LPPM Institut Teknologi Bandung (2005), "*Trial Matras Bambu pada Tanah Lunak, Lokasi Tambak Oso, Jawa Timur*".
- Terzaghi, K. (1967), "*Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*", Wiley, New York.
- Tomlinson, M. J. (1977), "*Pile Design and Construction Practice*", A Viewpoint Publication, London.