

Studi Eksperimental Daya Dukung Pondasi Rakit Bambu dan Tiang Pancang Kayu Galam Pada Tanah Gambut Samarinda Kalimantan Timur

Yoyok Kristiyono

Teknik Sipil, Pascasarjana, Universitas Hasanuddin

ARTICLE INFO

Article history:

DOI:

10.30595/pspfs.v9i1.2163

Submitted:

December 11, 2025

Accepted:

January 20, 2026

Published:

February 12, 2026

Keywords:

Tanah gambut, kayu galam, bamboo, *pile raft*

ABSTRACT

Tanah gambut memiliki permasalahan karakteristik kompresibilitas tinggi dan daya dukung rendah sehingga menjadikannya tantangan signifikan dalam konstruksi bangunan. Kayu galam (*Melaleuca leucadendra*) dan bambu (*Bambusa Vulgaris*) yang banyak tumbuh di Indonesia, khususnya Kalimantan, telah lama digunakan sebagai material tiang pancang dan rakit pada tanah gambut karena ketahanannya terhadap kondisi basah dan serangan rayap, sehingga dapat diharapkan dapat menjadi solusi sebagai material untuk menahan daya dukung tanah pada area gambut. Karakteristik dan kekuatan kayu galam, bamboo diuji di laboratorium untuk selanjutnya hasilnya akan digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian ini. Pondasi *pile raft* adalah sistem pondasi kombinasi yang menggabungkan pondasi rakit (*raft foundation*) dengan tiang pancang (*pile*). Dengan metode PDR (*Pile-Raft Coefficient*) adalah metode analisis yang digunakan dalam teknik fondasi untuk mengevaluasi dan mendesain fondasi tiang-rakit (*pile-raft foundation*). Metode ini secara khusus menganalisis interaksi antara rakit (*raft*), tiang (*pile*), dan tanah di bawahnya. Sehingga dapat dihasilkan dari metode PDR adalah distribusi beban antara tiang dan rakit sebagai satu kesatuan sistem fondasi yang mampu mendukung beban yang ada di atasnya.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Yoyok Kristiyono

Teknik Sipil, Pascasarjana, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar Sulawesi Selatan Indonesia

Email: yoyoksipil17@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan jalan lingkaran kota bontang pada ruas Tanjung Laut menuju Bontang Kuala Sebagian besar kondisi tanah berupa tanah gambut dan lempung sangat lunak dengan ketebalan 3 – 8 meter. Konstruksi jalan lingkaran direncanakan menggunakan material berupa timbunan tanah pilihan untuk konstruksi badan jalan. Berdasarkan pengamatan yang kami lakukan jika timbunan tanah pilihan langsung duhamparkan diatas permukaan tanah gambut maka diprediksi akan menimbulkan masalah pada stabilitas ketinggian timbunan, daya dukung tanah dasar dan akan terjadi penurunan pada tanah dasar.

Dalam perencanaan jalan lingkaran diatas tanah gambut adalah dengan cara membuat perkuatan tanah dasar menggunakan *pile raft*, yaitu rakit bambu yang dianyam sehingga membentuk satu bidang datar yang kuat. Bidang rakit bamboo tadi diletakkan diatas tanah gambut dan diberi tiang pancang dari kayu galam. Penggabungan dari rakit bamboo dan tiang pancang kayu galam saling melengkapi fungsinya masing – masing dimana rakit bamboo berfungsi untuk meratakan beban sedangkan tiang pancang berfungsi sebagai pondasi.

Diatas rakit bambu diberi geotekstille non woven, untuk lapis pertama setelah geotekstille dihamparkan dilakukan timbunan tanah pilihan, dimana setiap 60 cm ketebalan dilakukan pemadatan menggunakan vibro roller hingga didapatkan CBR sekitar 95%, setelah itu dilakukan penimbunan lagi dengan ketebalan sekitar 60 cm dan dipadatkan dengan vibro roller hingga ketinggian sekitar 180 cm. Setelah ketinggian dicapai dan nilai CBR sekitar

95% geotekstiole dilipat menutupi timbunan tanah. Setelah itu dilakukan penghamparan geotekstile yang kedua, setelah itu dilakukan penimbunan selapis demi selapis hingga didapat ketinggian total 360 cm dengan kepadatan CBR 95%, setelah itu geotekstile yang kedua ditutukna ke timbunan tanah.

Untuk mengetahui pengaruh dari desain *pile raft foundation*, maka dilakukan pengujian skala penuh yang berlokasi di Jl. Gunung Kapur Samarinda Kalimantan Timur. Dimana di Jl. Kapur terdapat area lahan gambut dengan lapisan gambut, lempung sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 15 m. Dengan demikian lokasi tersebut dapat mewakili kondisi tanah gambut untuk pengujian yang akan dilaksanakan.

Makalah ini akan menyajikan hasil lapangan berupa pengujian trial embankment skala penuh timbunan badan jalan di atas tanah gambut dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk kayu galam yang dirangkai dengan matras rakit bamboo di Jl. Gunung Kapur Samarinda, Indonesia. Sebelum pengujian dilaksanakan, dilapangan dilakukan analisa stabilitas timbunan dan prediksi penurunan tanah dasar yang akan terjadi, *method* yang digunakan adalah *method* analitis dan *method* elemen hingga. Dilapangan dilakukan beberapa pengujian yang mencakup konstruksi trial embankment dan penurunan tanah dasar dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengamatan ini dibandingkan dengan prediksi penurunan yang akan terjadi dan dengan raft foundation yang menggunakan cerucuk galam satu titik isi 3 batang. Sehingga pada akhir konsolidasi untuk mengetahui derajat konsolidasi yang terjadi.

1.1. Kondisi Tanah Pada Lokasi Pengujian

Hasil uji sondir pada tanah gambut menunjukkan pembacaan yang sangat rendah (konsisten di bawah 5 kg/cm²), dengan nilai yang dapat meningkat tajam dan kemudian menurun lagi akibat keberadaan serat organik, akar, atau batang tanaman yang keras yang dapat menghalangi konus. Untuk memahami kondisi gambut secara akurat, interpretasi hasil sondir perlu dikombinasikan dengan data tambahan seperti hasil piston *sampler* dan pemahaman karakter lokal untuk menentukan lapisan gambut yang sebenarnya. Menurut Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc, PhD (2006) konsistensi tanah untuk dominan lanau dan lempung sebagai berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Conus

No	Jenis Tanah	Nilai Conus (kg/cm ²)
1	Sangat Lunak (<i>Very Soft</i>)	0 – 10
2	Lunak (<i>Soft</i>)	10 – 20
3	Menengah (<i>Medium</i>)	20 – 40
4	Kaku (<i>Stiff</i>)	40 – 75
5	Sangat Kaku (<i>Very Stiff</i>)	75 – 150
6	Keras (<i>Hard</i>)	>150

Dari hasil sondir dan boring dilapangan didapatkan lapisan gambut dikedalaman 0 – 4 meter, setelah itu lempung lunak dikedalaman 4 – 8 m dan dilanjutkan dengan lempung sedang dikedalaman 8 – 15 m. Nilai SPT dan jenis tanah di area pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Uji Lapangan Berdasarkan Nilai Conus

No	Jenis Tanah	Kedalaman (meter)	Nilai Conus (kg/cm ²)
1	Sangat Lunak (<i>Very Soft</i>)	0 – 5,00	0 – 10
2	Lunak (<i>Soft</i>)	5,00 – 6,00	10 – 20
3	Menengah (<i>Medium</i>)	6,00 – 9,20	20 – 40
4	Kaku (<i>Stiff</i>)	9,20 – 12,20	40 – 75
5	Sangat Kaku (<i>Very Stiff</i>)	12,20 – 16,80	75 – 150
6	Keras (<i>Hard</i>)	>16,80	>150

2. METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan pengujian dilapangan, terlebih dahulu dilakukan beberapa analisa pendahuluan terhadap *trial embankment* dengan menggunakan system perkuatan tanah dasar yaitu dengan tiang pancang kayu galam dan rakit bamboo yang disatukan. Adapun fungsi analisis pendahuluan berguna untuk :

1. Memastikan bahwa tanah dasar mampu memikul beban timbunan yang ada dilapangan
2. Memastikan bahwa urugan dilapangan memiliki stabilitas lereng yang cukup.
3. Menghitung penurunan yang akan terjadi pada saat dan setelah dilakukan pengurukan secara penuh.

2.1. Mekanisme Keruntuhan Timbunan pada Proyek Jalan.

Mekanisme keruntuhan timbunan diatas tanah gambut dengan berbagai jenis perkuatan terhadap tanah dasar ditunjukkan pada Gambar 1. Apabila tanah gambut pada permukaanya tidak diberi perkuatan apapun, maka keruntuhan yang terjadi Adalah keruntuhan dalam dengan bidang keruntuhan memotong timbunan dan melewati tanah dasar, Gambar 2(a).Apabila tanah gambut pada permukaan atasnya dikasih geotextike maka akan didapat kenaikan angka keamanan stabilitas pada timbunan, Gambar 2(b). Permukaan tanah gambut jika diberikan perkuatan berupa rakit bamboo dan cerucuk dari kayu galam dapat meningkatkan stabilitas timbunan lebih tinggi sehingga bidang

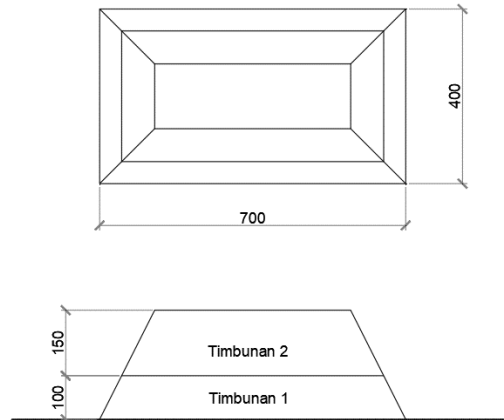
kelongsoran yang terjadi tidak dapat memotong rakit bamboo tersebut, lintasan kelongsoran lebih Panjang sehingga angka keamanan meningkat, Gambar 2(c). Permukaan tanah gambut jika diberikan perkuatan berupa rakit bamboo dan cerucuk dari 3 buah kayu galam yang diikat menjadi satu dapat meningkatkan stabilitas timbunan lebih tinggi sehingga bidang kelongsoran yang terjadi tidak dapat memotong rakit bamboo tersebut, lintasan kelongsoran lebih Panjang sehingga angka keamanan meningkat, Gambar 2(d).

2.1. Analisa Penurunan Tanah Dasar

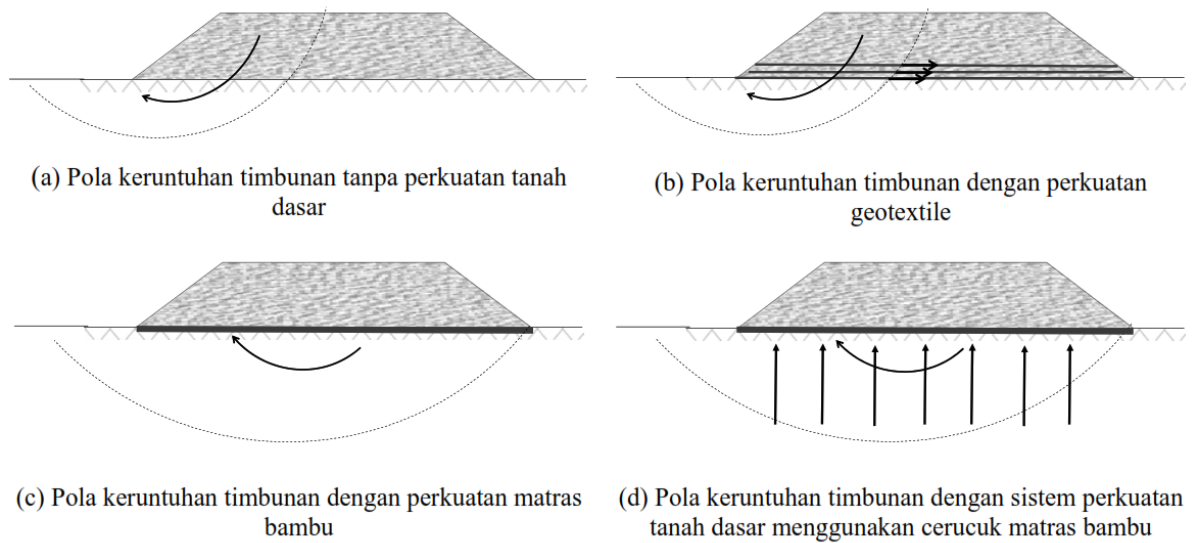
Analisis penurunan tanah dasar adalah proses perhitungan dan prediksi untuk mengetahui besarnya penurunan permukaan tanah akibat beban yang diberikan dan durasinya, yang melibatkan tiga tahapan utama: penurunan seketika, penurunan konsolidasi primer, dan penurunan konsolidasi sekunder. Analisis penurunan tanah dasar dilakukan dengan metode analitis dan metode praktek dilapangan. 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 0,8 m ditambah dengan timbunan tahap 2 hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 2,00 m. Penimbunan tahap 2 ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan timbunan tahap 1 direncanakan selama 30 hari hingga grafik statis, sedangkan timbunan tahap 2 direncanakan dikonstruksi 55 hari setelah timbunan tahap 1 selesai hingga grafik statis. 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).

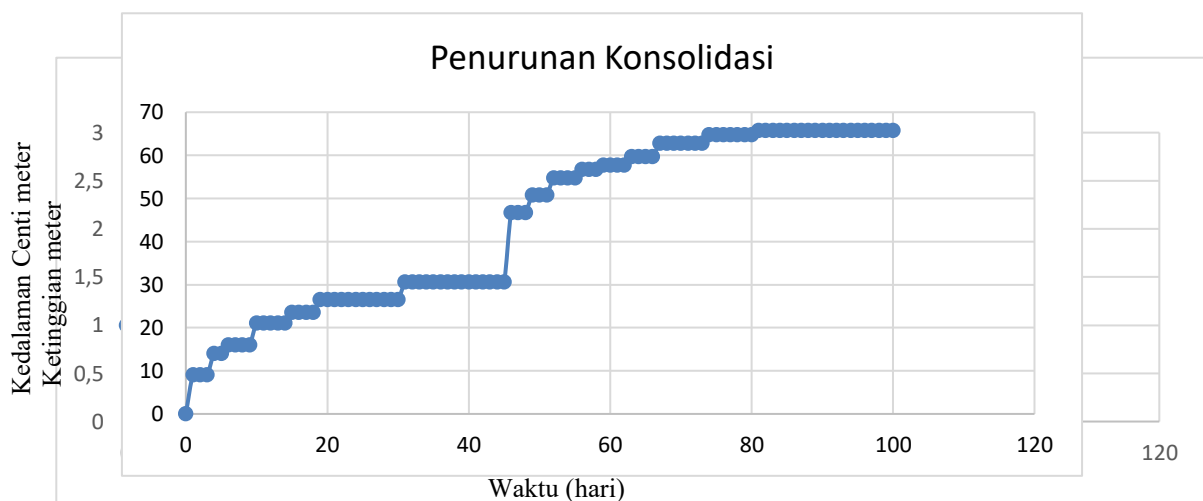
Dari hasil perhitungan menggunakan metode analitis, diprediksi penurunan seketika yang akan terjadi adalah sebesar $\pm 12,5$ cm untuk tinggi timbunan 0,8 m dan ± 10 cm setelah penambahan timbunan hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 2,00 m. Penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada hari 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 (*time rate consolidation*) menggunakan teori konsolidasi Terzaghi 1-D. $S = (C_c \times H_0) / (1 + e_0) \times \log((\sigma'_0 + \Delta\sigma) / \sigma'_0)$ ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan Timbunan



Gambar 2. Pola Keruntuhan Timbunan Dengan Berbagai Jenis Perlakuan Terhadap Tanah Dasar.



Gambar 3. Prediksi Laju Penurunan Konsolidasi Menggunakan Teori Konsolidasi 1 Dimensi Terzaghi.

Analisis menggunakan metode elemen hingga dilakukan untuk memperkirakan besar penurunan seketika akibat konstruksi timbunan tahap pertama setinggi 1,0 m, besar penurunan seketika akibat penambahan timbunan dari 1,0 m menjadi 2,50 m, besar penurunan pada akhir waktu konsolidasi dan laju penurunan konsolidasi terlihat dalam gambar 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

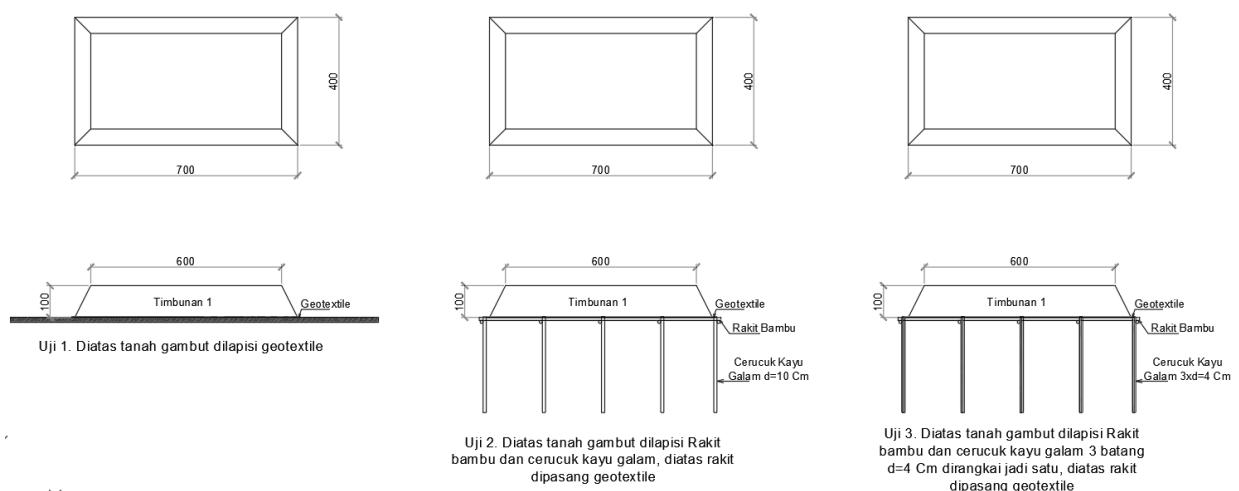
Sebelum dilakukan uji penimbunan, terlebih dahulu dilakukan uji tanah yaitu sondir dan boring. Uji sondir dilakukan di 4 (empat) titik sedangkan untuk uji boring dilakukan di 1 (satu) titik sekalian untuk mendapatkan *sample* UDS guna dilakukan pengujian *sample* tanah untuk mendapatkan nilai – nilai yang diinginkan.

Konstruksi trial embankment skala penuh dilakukan dilapangan Jl. Gunung Kapur Sambutan Samarinda Kalimantan Timur Indonesia. Trial embankment yang dibangun memiliki panjang 7 m, lebar 4 m dan tinggi 2,50 m. Detail trial embankment yang dikonstruksi di lapangan ditunjukkan dalam **Gambar 5**. Tanah di dasar trial embankment tersebut diberi perkuatan cerucuk kayu galam dan matras dari bambu. Cerucuk dari kayu galam yang digunakan sedalam 2 m, yang tersusun dari cluster 3.

H	qc (Kg/Cm2)	H	qc (Kg/Cm2)
0	0,00	11	50,00
1	2,00	12	60,00
2	3,00	13	70,00
3	4,00	14	80,00
4	5,00	15	90,00
5	6,00	16	100,00
6	16,00	17	120,00
7	25,00	18	145,00
8	27,00	19	160,00
9	30,00	20	200,00
10	40,00		

Gambar 4. Nilai QC

Batang bambu dengan jarak antar cerucuk 1,5 m, sedangkan matras bambu menggunakan 2 lapis bambu yang disusun dengan orientasi antar lapisan saling tegak lurus. Detail cerucuk matras kayu galam yang digunakan ditunjukkan dalam **Gambar 5**. Untuk mencegah masuknya material timbunan ke tanah dasar, maka di atas matras bambu dipasang geotextile. Sebelum dilakukan penimbunan di beberapa titik rakit bamboo dipasang tanda dan dihubungkan dengan patok BM, Setiap hari dilakukan peninjauan menggunakan alat survey sehingga diketahui penurunan yang terjadi. Penimbunan tahap pertama dilakukan di atas lapisan geotextile terhadap 3 (tiga) lokasi *sample*. Penimbunan dilakukan dengan cara mendatangkan tanah urug dari luar lokasi ke area *sample* ditumpahkan dekat area *sample*, setelah itu beberapa pekerja melansir tanah urug ke area *sample* hingga didapat luasan dan ketinggian sesuai rencana yaitu 400 x 700 x 100 cm.

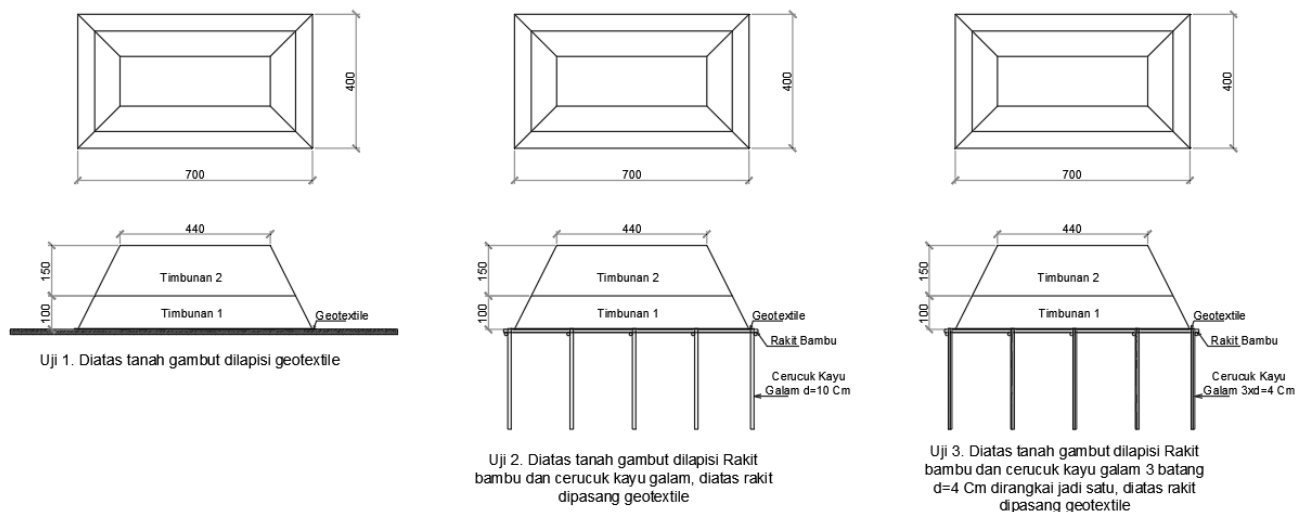


Gambar 5. Pemodelan Timbunan Pertama Dilapangan.



Gambar 6. Pembuatan *Pile Raft* dan Timbunan Pertama.

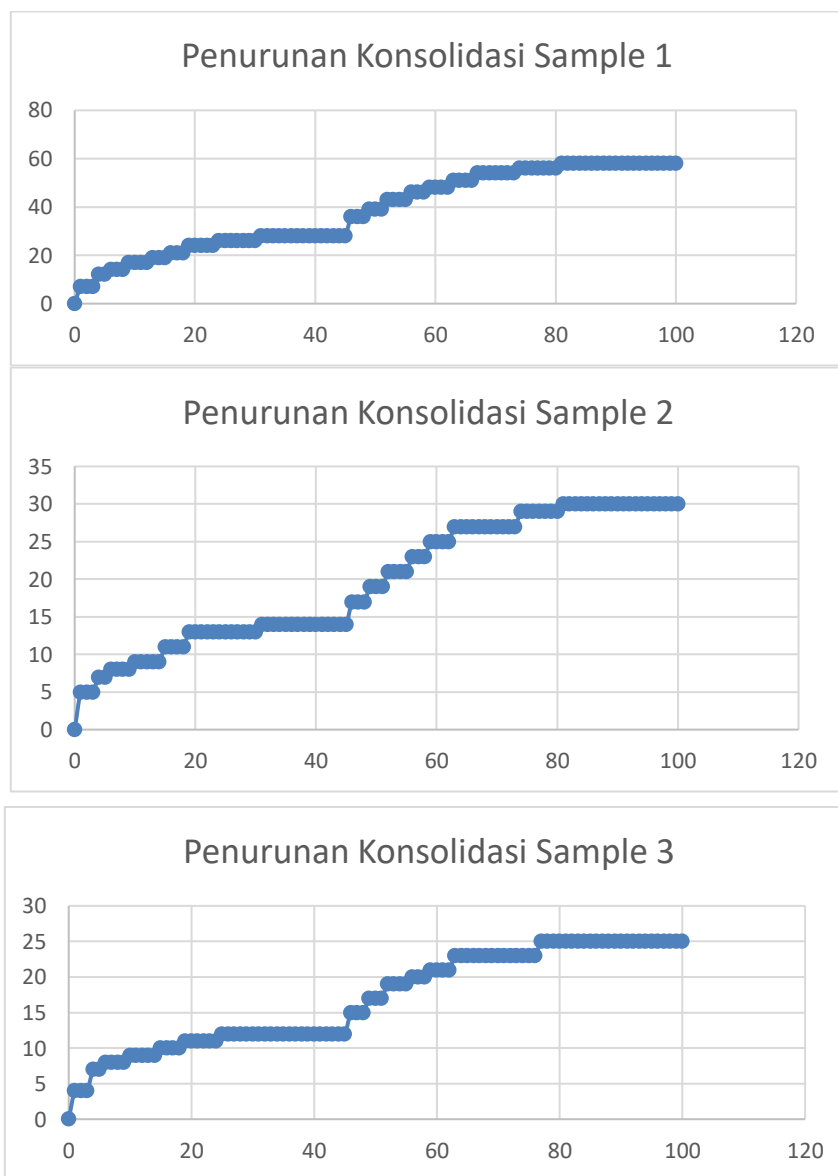
Setelah timbunan pertama sudah stabil tidak mengalami penurunan lagi dilanjutkan dengan penimbunan ke dua dengan ketinggian total 2,5 m. Penambahan timbunan ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan penimbunan tahap pertama sampai setinggi 1,0 m dilakukan selama sekitar 20 hari, yaitu dari tanggal 18 Agustus 2025 hingga 6 September 2025, sedangkan penambahan timbunan dilaksanakan 55 hari setelah timbunan tahap pertama selesai.

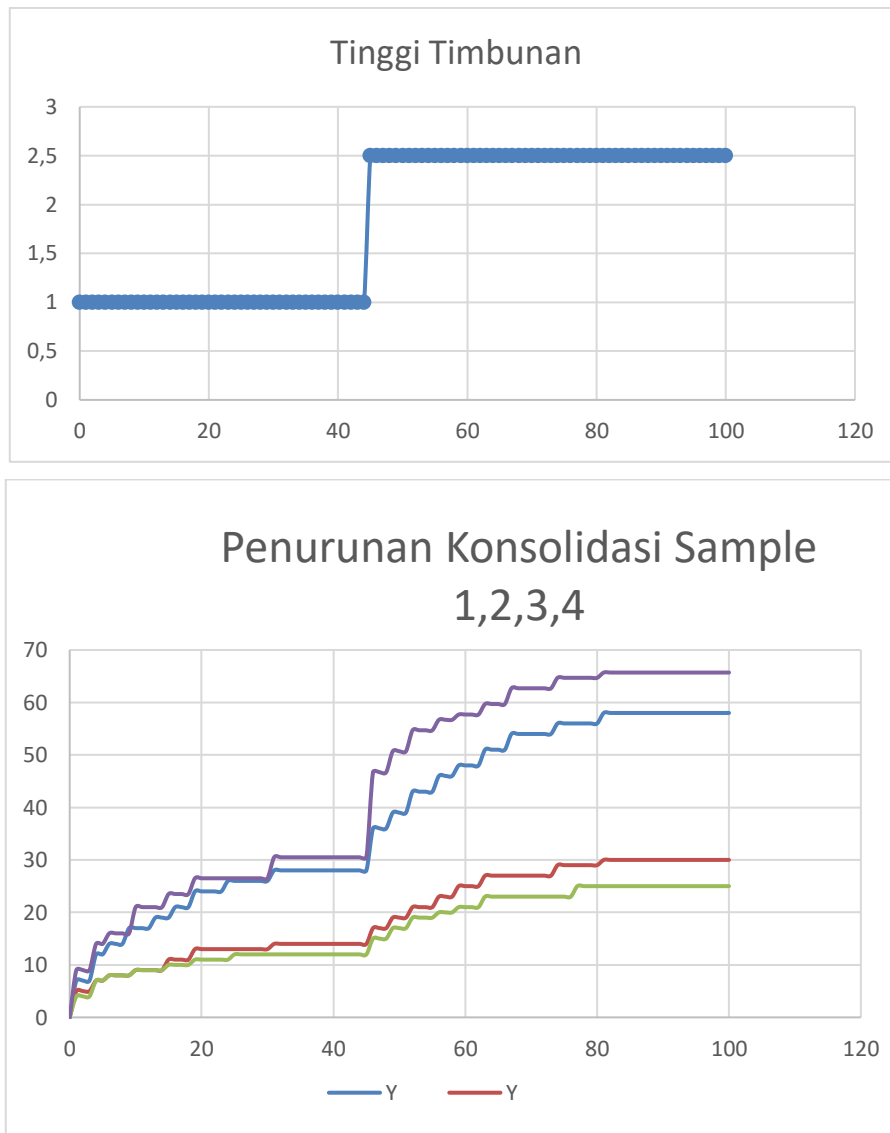


Gambar 7. Pemodelan Timbunan Kedua.



Gambar 8. Pemodelan Timbunan Kedua Dilapangan.





Dari hasil dilapangan didapatkan hal – hal sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Uji Lapangan

No	Uji Sample	Penurunan Konsolidasi (Cm)	Keterangan
1	Sample 1	65,70	Rumus Terzaghi
2	Sample 2	58.30	Geotekstile
3	Sample 3	30.15	Raff Pile + Geotekstile I
4	Sample 4	25.00	Raff Pile + Geotekstile II

Sehingga didapatkan prosentase penurunan konsolidasi sebagai berikut :

Sample 2 : $58,30 : 65,0 = 88,74\%$ mampu mereduksi 11,26%

Sample 3 : $30,15 : 65,0 = 45,89\%$ mampu mereduksi 54,11%

Sample 4 : $25,00 : 65,0 = 38,05\%$ mampu mereduksi 61,95%

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengamatan lapangan masih terus dilakukan sampai didapatkan hasil yang diinginkan sebagai berikut :

Sample 2 : $58,30 : 65,0 = 88,74\%$ mampu mereduksi 11,26%

Sample 3 : $30,15 : 65,0 = 45,89\%$ mampu mereduksi 54,11%

Sample 4 : $25,00 : 65,0 = 38,05\%$ mampu mereduksi 61,95%

DAFTAR PUSTAKA

- 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., Soedanasto, Pramotahardjo, Y.A., Himawan, A., (2000), “Modifikasi Konstruksi Dinding Penahan untuk Reklamasi di Atas Tanah Sangat Lunak di Daerah Boezem- Morokrempangan”, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Geoteknik IV, Jakarta.
- Jamiolkowki, M., Lancellotta, R., Marchetti, S., Nova, R., Pasqualini, E. (1979), “Design Paramters for Soft Clays”, Proc. 7th Eur. Conf. on Soil Mech. Found. Engng., Vol. 5, 21-54, Brighton.