

JPPI, 1 (2), Nopember 2022

## Efektifitas Matras dan Cerucuk Bambu Untuk Peredam Penurunan Tanah Urugan Pada Area Bandara Ahmad Yani Semarang

Endy Sunardy Afprianto<sup>1</sup>, Syafrudin<sup>1,2</sup>, Robert Kodoatie<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Departemen Teknik Lingkunganl Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia  
50275

### Abstrak

*Penurunan tanah yang besar akan terjadi pada tanah asli yang berupa lempung lunak area Bandara Internasional Bandara Ahmad Yani Semarang yang memiliki nilai kuat geser dan daya dukung yang rendah ketika tanah lempung diberi beban luar saat seperti ini dapat membahayakan bangunan di atasnya ketika tak diberi perkuatan. Cerucuk bambu dan matras bambu adalah solusi alternatif. Perilaku matras bambu serupa sebagai pondasi menerus (raft foundation), sedangkan cerucuk bambu serupa dengan pondasi dalam. Bambu yang digunakan adalah bambu petung dengan diameter 10 cm dengan kualitas baik. pada pemodelan fisik kombinasi cerucuk dan matras bambu peletakan matras disusun rapi horizontal dengan 3 lapis bambu diikat memakai tali ijuk dan diikat diatas cerucuk 3 bambu yang sebelumnya ditancapkan pada tanah existing secara vertical dengan bantuan alat berat (excavator). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode kerja yang paling efektif antara perkuatan tanah dengan matras cerucuk bamboo dan perkuatan tanah konvensional (pre loading) dalam mendukung pekerjaan Sistem Tata Air (Water Management).*

*Kata kunci : Penurunan tanah, Perkuatan tanah, Efektif, Matras cerucuk bambu, Konvensional*

### Abstract

*A large subsidence will occur on the original soil in the form of soft clay in the area of Ahmad Yani International Airport, Semarang which has a low value of shear strength and bearing capacity when the clay is subjected to an external load, at a time like this it can endanger the building above it when it is not reinforced. Bamboo cones and bamboo mats are alternative solutions. The behavior of the bamboo mat is similar to that of a raft foundation, while the bamboo pit is similar to that of a deep foundation. The bamboo used is petung bamboo with a diameter of 10 cm with good quality. in the physical modeling of the combination of bamboo niches and bamboo mats, the mats were arranged horizontally with 3 layers of bamboo tied using palm fiber ropes and tied on top of 3 bamboo culms which were previously plugged into the existing ground vertically with the help of heavy equipment (excavators). This study aims to obtain the most effective working method between soil reinforcement with bamboo cerucuk mats and conventional soil reinforcement (pre loading) in supporting the work of the Water Management System (Water Management).*

*Key words : Soil subsidence, Soil reinforcement, Effective, Bamboo pile ,mattress, Conventional*

**PENDAHULUAN**

Pengerjaan Sistem Tata Air (*Water Management*) guna memenuhi kebutuhan akan air baku untuk keperluan air bersih pada bandara tersebut dibangunlah ponding – ponding baru yang berjumlah 6 (enam) melengkapi ponding lama yang dibangun pada paket sebelumnya. Ponding – ponding di area bandara didesain sederhana dengan tanggul dengan material urugan tanah pilihan dipadatkan (*Compaction*) dengan pondasi matras dan cerucuk bambu yang bisa dikategorikan teknologi sederhana, ringan, praktis, efektif dan ekonomis, selain itu bukan tanpa alasan matras dan cerucuk bambu dipilih mengingat lokasi kegiatan berada pada lempeng tanah endapan (*sedimentari soil*) Semarang Utara yang berjenis lempung sangat lunak sampai dengan kedalaman 30 m.

Menurut Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak (2002), penggunaan istilah “tanah lunak” berkaitan dengan tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara seksama dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir; tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Umumnya lapisan tanah yang disebut lapisan yang lunak adalah lempung (clay) atau lanau (silt) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (*standard penetration test*) *N* yang lebih kecil dari 4 atau tanah organik sepertigambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Demikian pula lapisan tanah berpasir yang dalam keadaan lepas mempunyai harga *N* kurang dari 10, diklasifikasi sebagai lapisan yang lunak (Suyono, 1986).

Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Braja M. Das (1995) menyatakan nilai hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium, akan menunjukkan bahwa tanah tersebut lunak apabila: koefisien rembesan (*k*) sangat rendah  $\leq 0.0000001$  cm/dtk, batas cair (*LL*)  $\geq 50\%$ , angka pori (*e*) antara 2,5 – 3,2, kadar air dalam keadaan jenuh antara 90% – 120% dan berat spesifik (*Gs*) berkisar antara 2,6 – 2,9. Kriteria tanah lunak dapat juga digambarkan seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Kriteria Tanah Lunak

|                         | Very Soft Soil | Soft Soil |
|-------------------------|----------------|-----------|
| <i>c</i> ( $t/m^2$ )    | < 2            | 2 – 4     |
| <i>qc</i> ( $kg/cm^2$ ) | < 6            | 6 – 10    |
| N-SPT                   | < 2            | 3 – 5     |

dimana:

*c* adalah kohesi tanah dari pengujian tekantidak terkekang,

*qc* adalah nilai tahanan ujung dari pengujian sondir

N-SPT adalah nilai *N* dari pengujian

Tanah berbutir halus dibagi lagi menjadi tiga kelompok berdasarkan kandungan organiknya, sebagaimana

terlihat dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Klasifikasi tanah berdasarkan kadar organik

| Kadar Organik | Kelompok Tanah                    |
|---------------|-----------------------------------|
| > 75%         | Gambut                            |
| 25% – 75%     | Tanah Organik                     |
| < 25%         | Tanah dengan Kadar Organik Rendah |

Sebagai informasi pentingnya pembangunan ponding – ponding pada Proyek Sistem Tata Air (*Water Management*) dimana proyek ini dikerjakan yang paling terakhir dengan kondisi sekitar sudah terkontruksi dengan baik dan dikelilingi jalan flyover dan gedung – gedung sehingga menambah kesulitan dalam hal penyelesaiannya. Selain perijinan dari otoritas bandara yang sulit, pembatasan terhadap pemakaian alat berat saat pelaksanaan pekerjaan yang akan mengganggu kenyamanan pengguna bandara, juga tonase dari alat berat dan muatannya juga dibatasi maksimum MST (Muatan Sumbu Terberat) 25 ton untuk menghindari penurunan elevasi jalan akibat muatan yang melampaui syarat MST yang ditetapkan otoritas bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Pemakaian timbunan untuk tanggul diatas tanah lunak diprediksi akan menimbulkan masalah stabilitas daya dukung dan penurunan tanah dasar.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa seberapa besar penurunan tanah, perbandingan efektifitas matras dan cerucuk bambu dengan metode konvensional lainnya yaitu preloading, resiko kecelakaan kerja pada metode timbunan perkuatan tanah matras cerucuk bambu dan metode timbunan perkuatan pre loading di lokasi penelitian.

**Metode Penelitian**

Lokasi penelitian adalah Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. Tanah pada daerah ini merupakan tanah lunak yang sangat kompresibel, maka ada hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembangunannya, seperti:

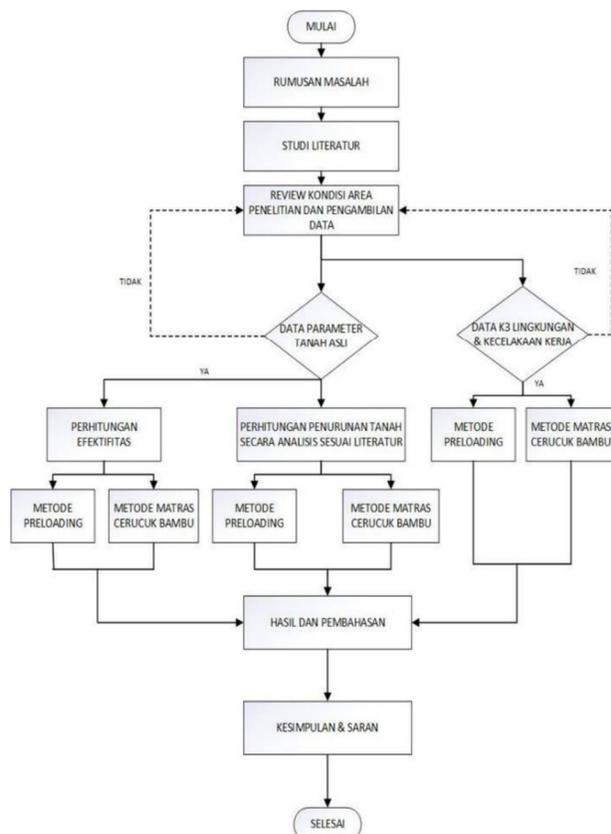
a. Daya dukung tanah yang rendah.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan beban pondasi tanpa mengalami keruntuhan akibat geser yang juga ditentukan oleh kekuatan geser tanah. Daya dukung tanah merupakan unsur utama dalam pembangunan konstruksi jalan. Dalam perencanaan konstruksi jalan, daya dukung tanah mempunyai peranan yang sangat penting. Tanah sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi harus mampu menerima dan menahan beban-beban yang bekerja di atasnya. Oleh karena itu, sebelum dilaksanakan pekerjaan pembangunan harus diketahui terlebih dahulu daya dukung tanah dasar ini (Rachlan, 1986; Nugroho,

2011). Semakin rendah kadar air maka daya dukung semakin besar. Daya dukung tanah yang rendah akan mengganggu stabilitas daritimbunan. Hal ini menyebabkan tinggi timbunan yang dapat dilakukan akan sangat terbatas, sehingga untuk timbunan yang tinggi perlu dilakukan secara bertahap (*stage construction*) atau diberikan perkuatan, antara lain dengan menggunakan *berm*.

b. Penurunan yang besar

Penurunan pada tanah dasar akan terjadi apabila tanah dasar tersebut menerima beban di atasnya. Penurunan tanah dapat menyebabkan muka jalan turun menjadi lebih rendah daripada elevasi rencana (tinggi bebas tertentu di atas muka air banjir tertinggi dari lahan sekitar jalan). Menurut Adriani (2006) keadaan tanah dasar yang demikian bila tidak ditangani dengan baik akan mempengaruhi kondisi badan jalan di atasnya dan akan mempercepat kerusakan jalan tersebut. Untuk timbunan badan jalan diperlukan analisis stabilitas dan penurunan sehingga tinggi timbunan yang dikehendaki untuk badan jalan tidak akan mengalami penurunan lagi setelah konstruksi selesai dan kestabilan dari lereng timbunan dapat terpenuhi.



Gambar 1. Blok diagram penelitian

Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas. Besarnya penurunan konsolidasi primer untuk lempung yang terkonsolidasi secara normal (*normally consolidated*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = \frac{C_c H}{1+e_0} \log \left( \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \tag{1}$$

Untuk lempung yang terlalu terkonsolidasi (*overconsolidated*), besarnya penurunan dihitung dengan persamaan:

- Bila  $(p_0 + \Delta p) \leq p_c$ , maka:

$$S = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left( \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \tag{2}$$

- Bila  $(p_0 + \Delta p) > p_c$ , maka:

$$S = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left( \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) + \frac{C_c H}{1+e_0} \log \left( \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \tag{3}$$

Dimana :

- H = tebal lapisan tanah lunak yang memampat (m)
- $e_0$  = angka pori awal (*Initial Void Ratio*)
- $C_c$  = indeks pemampatan (*Compression Index*)
- $C_s$  = indeks (*Swelling Index*)
- $\Delta p$  = besarnya tegangan di muka tanah (*surcharge*) ( $t/m^2$ )
- $p_0$  = tegangan overburden efektif awal ( $t/m^2$ )
- $p_c$  = tegangan prakonsolidasi efektif ( $t/m^2$ )

Terzaghi dan Peck (1967), menyarankan pemakaian persamaan empiris berikut ini untuk menghitung indeks pemampatan:

- Untuk lempung yang struktur tanahnya tak terganggu/belum rusak (*undisturbed*)

$$C_c = 0.009(LL - 10) \tag{4}$$

- Untuk lempung yang terbentuk kembali (*remolded*)

$$C_c = 0.007(LL - 10) \tag{5}$$

**Hasil dan Pembahasan**

Pada analisa ini diasumsikan hanya lapisan tanah asli yang akan mengalami penurunan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan prinsip penurunan dari persamaan normally consolidated 1-D Terzaghi. Contoh perhitungan diambil untuk lapisan tanah 1 ( elevasi 0.000 m – 2.500 m ):

- H = 2.500 m
- Z = 1.250 m
- $\gamma$  = 15.480 KN/m<sup>3</sup>
- Cc = 0.509
- eo = 1.540
- Po = Z  $\times$   $\gamma$
- = 1.250  $\times$  15.480
- = 19.350 KN/m<sup>2</sup>

$\Delta P$  merupakan tegangan yang didapat dari beban tambahan yaitu dari sand blanket dan timbunan, dapat dicari dengan mengalikan  $\gamma$  masing-masing material terhadap ketebalan masing-masing material, dimana:

- Hsand blanket = 0.600 m
- Htimbunan = 5.150 m

- $\gamma_{sand\ blanket}$  = 14 KN/m<sup>3</sup>
- $\gamma_{timbunan}$  = 16 KN/m<sup>3</sup>

$$\Delta P = (\gamma_{sand\ blanket} \times H_{sand\ blanket}) + (\gamma_{timbunan} \times H_{timbunan})$$

$$= (14 \times 0.600) + (16 \times 5.150)$$

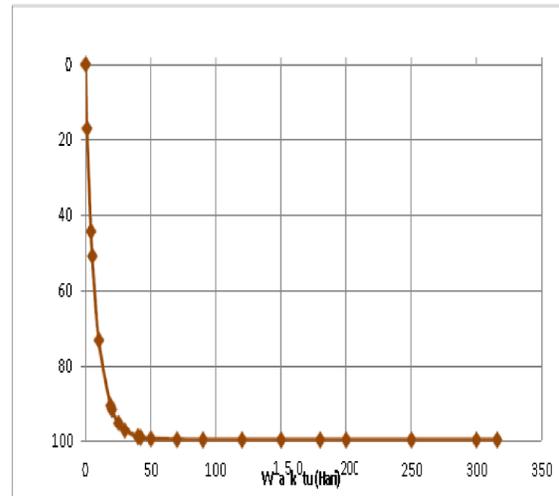
$$= 90.800 \text{ KN/m}^2$$

Dengan total penurunan konsolidasi primer sebesar 0,725 m, dilakukan perhitungan penurunan konsolidasi dengan nilai compression index (Cc) yang dikorelasi dengan menggunakan Persamaan (4),

$$Cc = 0.009 \times (50.210 - 10) = 0,362$$

Begitu pula untuk lapisan tanah 2 dan 3 digunakan Persamaan (4) dengan menggunakan nilai LL yang didapat dari hasil laboratorium. Dengan menggunakan nilai Cc empiris didapat besar penurunan yang ditampilkan pada Tabel 2.

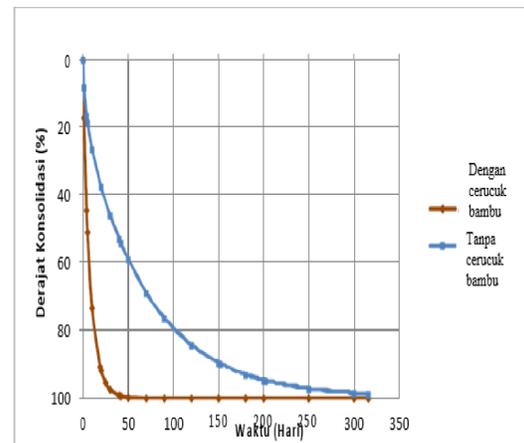
Semakin besar nilai Cc maka penurunan yang dihasilkan pun semakin besar, karena Cc berbanding lurus dengan besar penurunan. Hasil analisa derajat konsolidasi dengan menggunakan cerucuk bambu yang dipasang dengan pola tiga empat dan jarak pemasangan adalah 1.60 m ditampilkan pada **Gambar 2**.



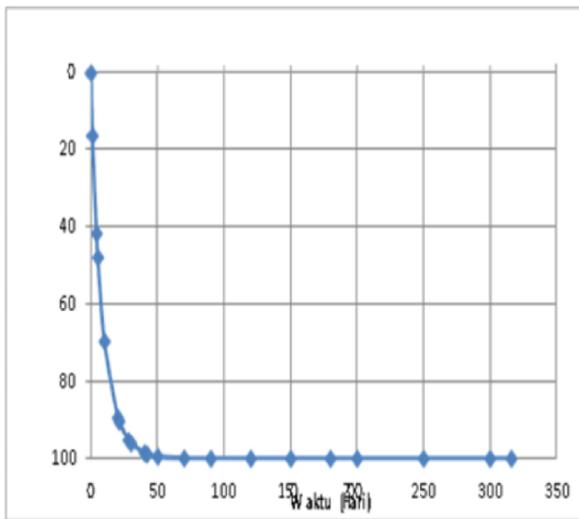
**Gambar 2.** Hubungan derajat konsolidasi (95%) terhadap waktu ( 25hari ) cerucuk bambu pola segitiga jarak 1.60 m.

**Derajat Konsolidasi dengan Pola Persegi Dengan Matras Cerucuk Bambu jarak1,60 m**

Total penurunan konsolidasi primer yang didapat dengan menggunakan Cc empiris adalah sebesar 0,556 m. Terdapat selisih 0.169 m diantara Tabel 1. Dan Tabel 2. Perbedaan total penurunan konsolidasi primer tersebut disebabkan akibat nilai Cc yang diperoleh dari laboratorium berbeda dengan nilai Cc yang diperoleh dari persamaan empiris. Semakin besar nilai Cc maka penurunan yang dihasilkan pun semakin besar, karena Cc berbanding lurus dengan besar penurunan.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan derajat konsolidasi (95%) antara menggunakan dan tanpa menggunakan cerucuk bambu



**Gambar 4.** Hubungan derajat konsolidasi (95%) terhadap waktu (28 hari) dengan cerucuk bambu pola persegi jarak 1.60 m

Penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Penurunan konsolidasi dibagi menjadi dua, yaitu penurunan konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder.
2. Penurunan segera (immediate settlement), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

Penurunan konsolidasi primer rata – rata pada lokasi pengujian yang diukur dengan metode konvensional beban timbunan dengan metode matras dan cerucuk bambu hasil pengamatan = 0,1935 m = 19,35 cm. Waktu yang digunakan dalam mencapai derajat konsolidasi 95% tanpa menggunakan matras dan cerucuk bambu = 202 hari. Waktu yang digunakan dalam mencapai derajat konsolidasi 95% dengan matras dan cerucuk bambu dengan pola segitiga yaitu = 25 hari.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dalam studi kasus ini antara lain :

1. Penurunan konsolidasi rata – rata tanah pada area

2. Efektifitas perkuatan tanah dapat diukur dengan perbandingan penurunan dan waktu konsolidasi yang digunakan pada saat konsolidasi mencapai 95% pada masing – masing perkuatan tanah sebagai berikut :
3. Penurunan tanah menunjukkan perkuatan tanah dengan matras dan cerucuk bambu dapat diunggulkan dibanding metode perkuatan konvensional serta ditambah kelebihan metode matras dan cerucuk bambu hanya satu ( 1 ) kali mengalami proses konsolidasi.

### Daftar Pustaka

- Irsyam Masyhur & Krisnanto Sugeng. (2008). *Pengujian Skala Penuh Dan Analisis Perkuatan Cerucuk Matras Bambu Untuk Timbunan Badan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dilokasi Tambak Oso*. Forum Teknik Sipil NO XVIII/I.
- Barron, R. A. 1948. *Consolidation of fine-grained soils by drain wells*. Transactions ASCE, Vol. 113, paper 2346, pp. 718-724.
- Bergado, D. T., Asakami, H., Alfaro, M. C. & Balasubramaniam, A. S. (1991). *Smear effects of vertical drains on soft Bangkok clay*. J. Geotech. Engng Div. ASCE, 117(10), 1509-30.
- Bowles J. E., 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Chai J. C., and Miura N., 1999. "Investigation of Factors Affecting Vertical Drain Behavior". Journal Geotech.Engng. ASCE. March 1999. PP 216-226.
- Craig R. F., 1991. *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- CUR. Centre For Civil Engineering Research and Codes. 1996. *Building on Soft Soils Design and Construction of Earth Structure Both on & into Highly*.
- Das, Braja M. ( 1995 ). *Mekanika Tanah (Prinsip –Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Terjemahan oleh Noor Endah & Indra Surya Mochtar. Jilid I, Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M ( 2008 ), *Advanced Soil Mechanics*. ThirdEdition.UK:British Library.
- Nurhayati, Ucik. 2010. *Pengaruh Penggunaan Cerucuk Terhadap Kuat Geser Tanah Kaolin Dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia 988/FT.01/SKRIP/01/2011.
- SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional.