

# PENGARUH SUSUNAN TIANG DENGAN GRID BAMBU PADA TANAH GAMBUT TERHADAP LENDUTAN

Aazokhi Waruwu<sup>1)</sup>, Rika Deni Susanti<sup>2)</sup>, Herman Sanjaya Sihombing<sup>3)</sup>,  
Try Yogi Purba<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan  
email: azokhiw@gmail.com

<sup>2)</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan  
email: razzanrikadeni@yahoo.com

<sup>3)</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan  
email: hermansanjayalumbantoran@gmail.com

<sup>4)</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan  
email: triyogipurba@gmail.com

## Abstrak

Pembangunan infrastruktur yang berkembang pesat tidak dapat menghindari lahan gambut yang cukup luas. Tanah gambut dikenal sebagai tanah lunak yang memiliki daya dukung yang sangat rendah. Tanah gambut memerlukan sistem perkuatan yang mampu menjamin kestabilan konstruksi di atasnya. Perlu perhatian khusus pada susunan tiang yang digunakan pada sistem perkuatan. Penelitian ini dilakukan melalui uji skala kecil laboratorium pada tanah gambut yang diperkuat grid bambu dengan tiang beton. Susunan tiang dibedakan berdasarkan panjang dan jarak. Tiang yang digunakan berdiameter 2 cm dengan panjang 10 cm dan 20 cm, adapun jaraknya divariasikan dari 15 cm ke 10 cm. Tiang-tiang dipancang dalam tanah gambut dengan ketebalan 50 cm di bak uji berukuran 200 cm x 150 cm. Grid bambu dipasang secara monolit di atas tiang pada permukaan tanah dengan ukuran 70 cm x 48 cm. Setiap tahapan uji beban timbunan dilakukan pengukuran deformasi pada titik dan waktu tertentu untuk mengetahui penurunan dan lendutan. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa perubahan panjang tiang lebih efektif dan efisien dalam mereduksi lendutan sistem perkuatan dibandingkan perubahan jarak tiang. Dengan demikian susunan sistem perkuatan dari grid bambu dengan tiang-tiang yang lebih panjang lebih dipertimbangkan daripada tiang-tiang pendek dengan jarak yang lebih rapat.

**Kata-Kata Kunci:** Gambut, Grid Bambu, Tiang Beton, Susunan Sistem Perkuatan, Lendutan

## I. PENDAHULUAN

Tanah gambut tergolong sebagai salah satu jenis tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah dalam menahan beban konstruksi di atasnya. Tanah gambut perlu diperkuat sehingga daya dukungnya meningkat dan konstruksi menjadi aman dan stabil. Kestabilan konstruksi sangat dipengaruhi oleh sistem perkuatan yang digunakan. Tanah gambut digolongkan ke dalam jenis tanah lunak bahkan tanah sangat lunak karena memiliki nilai kuat geser *undrained* ( $C_u$ ) lebih kecil dari 12,5 kPa (Waruwu, et al., 2020).

Sistem perkuatan tanah dapat berupa pemasangan geosintetik, perkuatan dari batang kayu yang disusun horizontal dengan ikatan kawat baja, pemasangan cerucuk, batang kelapa, batang bambu, anyaman bambu dan geogrid, dan dilapisi dengan urugan tanah (Hermawan, et al., 2009). Perkuatan semacam ini disusun secara horizontal di atas permukaan tanah atau pada kedalaman tertentu di dalam lapisan tanah gambut. Beberapa penelitian lainnya seperti pemakaian geotekstil sebagai perkuatan timbunan di atas tanah gambut, matras geokomposit, pelat beton, grid bambu, dan geonet (Rowe, et al., 1984; Vakher, 2000; Boiko, et al., 2013; Waruwu, 2014; Waruwu dan Susanti,

2015; Bazne, et al., 2015; Waruwu, et al., 2016, Waruwu, et al., 2017a, dan Waruwu, et al., 2018a).

Teknologi cerucuk bambu dapat digunakan untuk kondisi tanah yang sangat lunak, sementara untuk tanah yang sedikit lebih baik menggunakan matras bambu (Irsyam, 2012). Susunan perkuatan secara horizontal kurang sesuai digunakan pada tanah sangat lunak seperti gambut. Susunan perkuatan yang relevan untuk tanah lunak dapat disusun secara vertikal berupa tiang-tiang. Perkuatan tiang pada tanah sangat lunak dapat mengurangi penurunan dan meningkatkan stabilitas konstruksi di atasnya.

Keuntungan pemakaian tiang sebagai perkuatan tanah di antaranya dapat mengurangi penurunan total dan penurunan tidak seragam, sesuai untuk kondisi lapisan tanah yang bervariasi, dan dapat mempercepat pelaksanaan pekerjaan konstruksi di atasnya (Liu, et al., 2007).

Beberapa penelitian yang menggunakan tiang sebagai perkuatan di antaranya fondasi dalam sampai pada lapisan tanah keras (Carchedi, et al., 2006), tiang pendukung timbunan dengan geogrid (Oh dan Shin, 2007), tiang mini kayu (Priadi, 2008), tiang-tiang friksi yang pendek atau sistem pelat terpaku (Hardiyatmo, 2008; Puri et al., 2011), sistem pelat terpaku pada lempung mengembang (Diana et al., 2015), kolom semen pada tanah gambut (Huat, et al., 2011), sistem pelat terpaku untuk menahan beban timbunan pada tanah gambut (Waruwu, et al.,

2017b; Waruwu, et al., 2019), tiang bambu untuk mendukung timbunan pada tanah gambut (Maulana, et al., (2018), tiang bambu dan tiang beton (Simanjourang, et al., 2019), dan kombinasi grid bambu dengan tiang (Waruwu, et al., 2020).

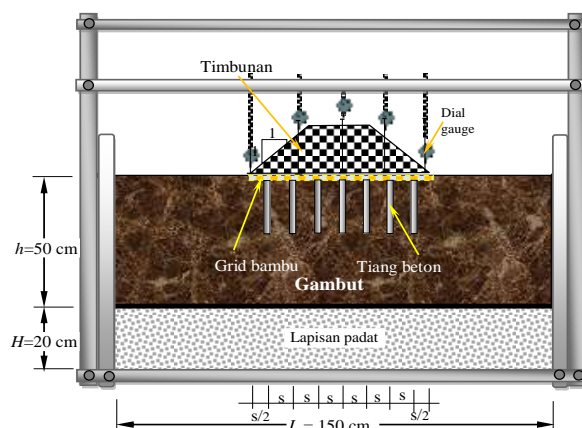
Penelitian ini dilakukan pada uji model di laboratorium dengan grid bambu dipasang secara horizontal untuk meratakan beban timbunan dan tiang beton dipancang secara vertikal untuk mengurangi penurunan dan lendutan. Makalah ini membahas perilaku sistem perkuatan dengan susunan tiang secara vertikal pada panjang dan jarak yang berbeda. Baik perilaku penurunan maupun perilaku lendutan.

## II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah gambut, batang bambu, tiang beton, dan beban timbunan yang dimodelkan dari potongan besi kotak berukuran 2 cm x 2 cm x 4 cm. Bahan tanah gambut diambil dari Desa Sei Kepayang, Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatra Utara. Tanah gambut dipisahkan dari serat-serat kasar berupa akar-akar atau pelapukan tumbunan lainnya. Batang bambu dibelah dengan lebar 2 cm, tebal sekitar 0,2 cm dengan panjang 70 cm dan 48 cm. Lembaran-lembaran bambu ini disusun membentuk grid dengan jarak antar lembaran sekitar 2 cm dengan ukuran 70 cm x 48 cm. Tiang beton yang digunakan berukuran diameter 2 cm dengan panjang masing-masing 10 cm dan 20 cm. Penelitian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Medan.

Tanah gambut dipadatkan setiap 10 cm sampai 5 lapis di dalam bak uji berukuran 150 cm x 200 cm (**Error! Reference source not found.**). Tiang-tiang beton dipancang dalam lapisan tanah gambut pada setiap jarak 10 cm dan 15 cm. Grid bambu berukuran 70 cm x 48 cm diletakkan pada permukaan tanah gambut dan diikat secara monolit dengan tiang-tiang beton. Jumlah tiang untuk jarak 10 cm sebanyak 30 tiang, sedangkan untuk tiang dengan jarak 15 cm sebanyak 12 tiang.

Setiap model uji dibebani secara bertahap setiap 1 (satu) hari dengan tekanan sebesar 3,02 kPa. Penurunan dibaca pada waktu-waktu tertentu menggunakan *dial gauge* yang dipasang pada titik tertentu. Penambahan beban dilakukan setiap hari sampai pada hari ketiga. Uji beban dapat dilihat pada Gambar 2. Dial gauge dipasang pada jarak-jarak tertentu untuk mengetahui lendutan di masing-masing titik setiap waktu dan beban yang diberikan.



Gambar 1. Model uji di laboratorium



Gambar 2. Ujibeban di laboratorium

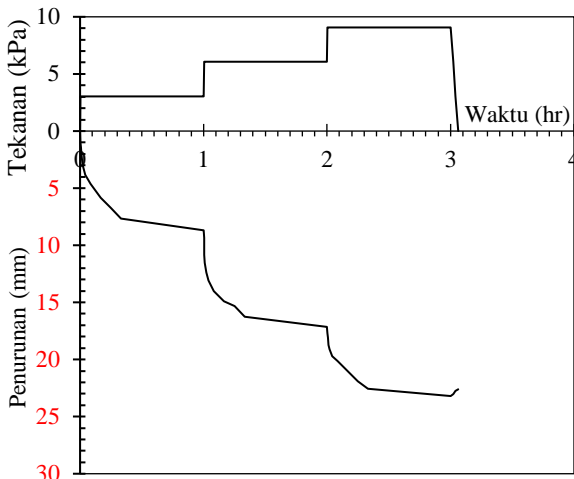
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terdiri dari penurunan akibat beban timbunan, perilaku lendutan dan pengaruh susunan tiang terhadap perubahan perilaku lendutan yang terjadi.

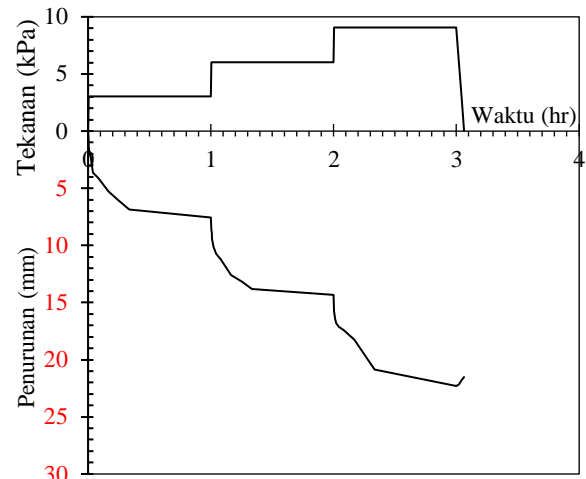
Tanah gambut yang diteliti memiliki kadar air 645 %, kadar organik 75 %, kadar abu 25 %, dan kadar serat 23 %. Tanah gambut ini tergolong sebagai tanah gambut berserat karena memiliki kadar serat > 20 %.

### 1.1. Hasil Uji Beban Timbunan

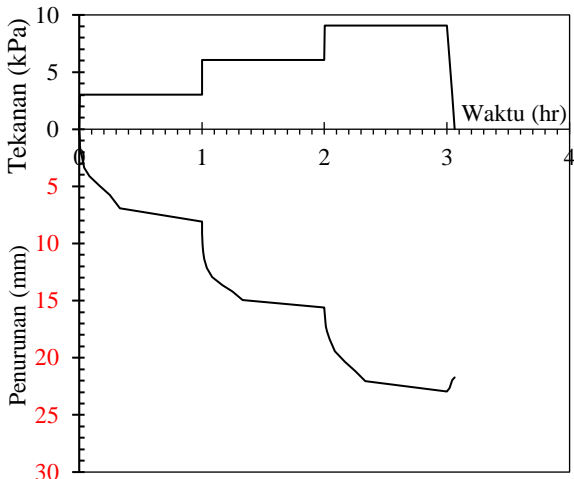
Hasil uji beban timbunan terlihat pada Gambar3 sampai Gambar 6. Hasil uji pada susunan tiang panjang 10 cm dengan jarak tiang 15 cm dan 10 ditunjukkan pada Gambar3 dan Gambar 4, sedangkan tiang dengan panjang 20 cm pada jarak 15 cm dan 10 cm ditunjukkan pada Gambar5 dan Gambar 6. Secara umum penurunan yang terjadi akibat beban timbunan terlihat cukup signifikan di awal-awal pembebanan, hal ini dapat disebabkan karena pemampatan tanah terjadi di awal-awal pembebanan akibat keluarnya air dari pori-pori tanah. Penurunan lanjutan masih terjadi walaupun dengan nilai yang relatif kecil.



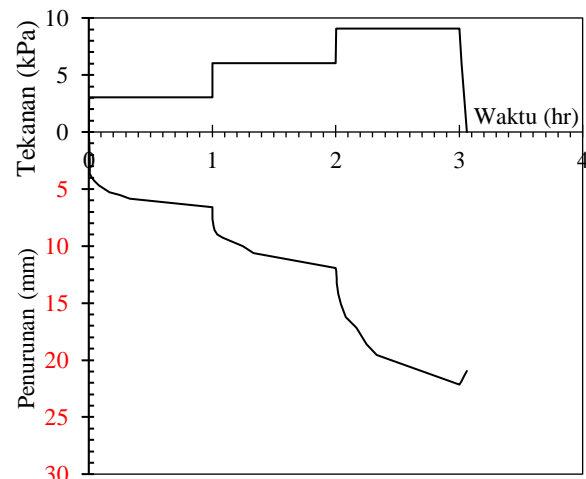
Gambar3. Penurunan padatiang  $L = 10$  cm dengan jarak 15 cm



Gambar5. Penurunan padatiang  $L = 20$  cm dengan jarak 15 cm

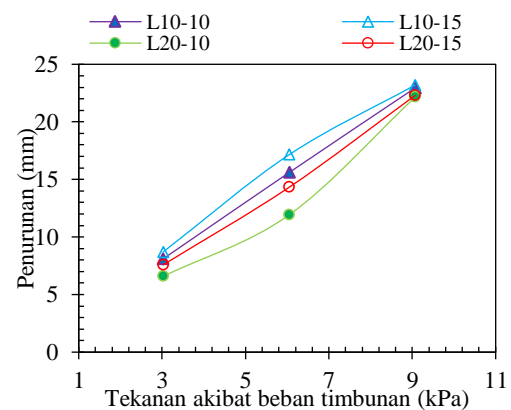


Gambar 4. Penurunan pada tiang  $L = 10$  cm dengan jarak 10 cm



Gambar 6. Penurunan pada tiang  $L = 20$  cm dengan jarak 10 cm

Susunan tiang memperlihatkan pengaruh terhadap besarnya penurunan akibat timbunan, hal ini dapat dilihat pada hubungan tekanan akibat beban timbunan dengan penurunan (Gambar 7). Panjang dan jarak tiang berpengaruh terhadap besarnya penurunan yang terjadi. Susunan tiang dengan panjang yang lebih besar dan jarak yang lebih dekat memperlihatkan penurunan yang lebih kecil. Tiang dengan jarak yang lebih dekat memiliki jumlah tiang yang lebih banyak, sehingga kekuatan tiang kelompok dapat secara bersama-sama memikul beban yang ada. Tiang yang lebih panjang memiliki kapasitas gesek tiang yang lebih tinggi sehingga penurunan semakin kecil.



Gambar 7. Pengaruh susunan tiang terhadap penurunan

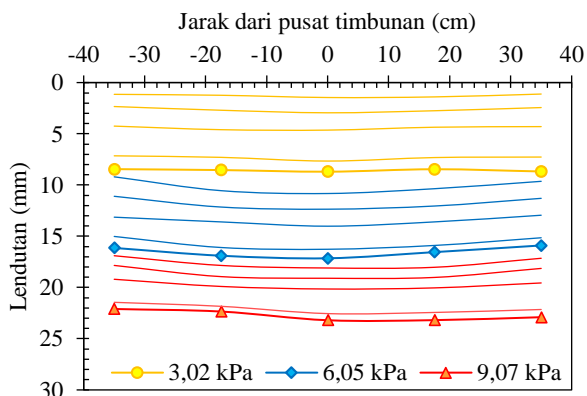
## 1.2. Lendutan Sistem Perkuatan

Lendutan sistem perkuatan dari grid bambu dengan tiang-tiang beton pada tanah gambut dalam menahan beban timbunan ditunjukkan pada pada Gambar 8 sampai Gambar 11.

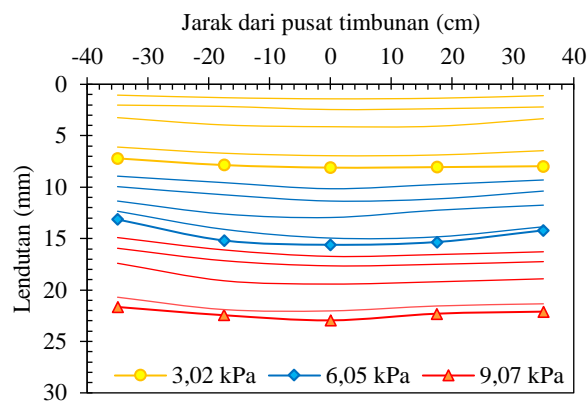
Lendutan grid bambu dengan tiang panjang 10 cm jarak 15 cm dan 10 cm ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Sedangkan untuk tiang dengan panjang 20 cm jarak 15 cm dan 10 cm ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11. Lendutan yang ditampilkan pada grafik merupakan hasil pembacaan dial gauge di pusat timbunan, pada jarak 17,5 cm, dan pada jarak 35 cm dari pusat timbunan. Pembacaan yang tertera di grafik merupakan pembacaan dial gauge pada menit ke 10, 30, 120, 480, dan 1440 pada setiap tahapan beban dengan tekanan 3,02 kPa, 6,05 kPa, dan 9,07 kPa. Tekanan akibat beban didapatkan dari perkalian antara tebal timbunan dengan berat isi timbunan.

Lendutan maksimum terjadi di pusat beban timbunan dan semakin mengecil ke arah tepi timbunan baik di tepi kiri maupun di tepi kanan. Hal ini disebabkan karena karakteristik dari grid bambu yang dapat melengkung jika menerima beban dan berat timbunan yang berpusat di tengah-tengah timbunan. Umumnya lendutan sistem perkuatan meningkat sejalan dengan penurunan dan beban yang terjadi.

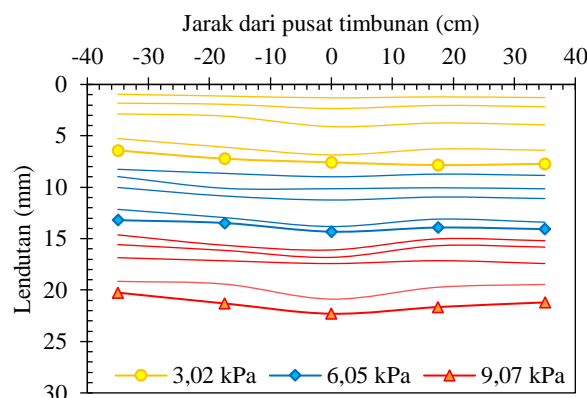
Nilai lendutan di awal-awal pembebanan terlihat hampir seragam di masing-masing titik pembacaan, hal ini berhubungan dengan besar beban yang diterima belum sepenuhnya bekerja, akan tetapi sejalan dengan waktu beban-beban ini terus bekerja sehingga lendutan grid bambu semakin tinggi. Beban yang besar memperlihatkan lendutan yang lebih besar.



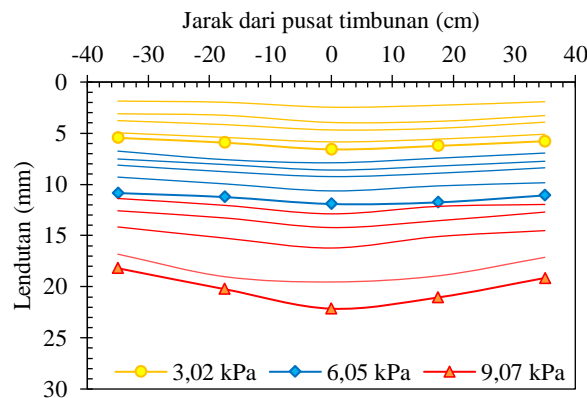
Gambar 8. Lendutan grid bambu dengan tiang  $L = 10$  cm dengan jarak 15 cm



Gambar 9. Lendutan grid bambu dengan tiang  $L = 10$  cm dengan jarak 10 cm



Gambar 10. Lendutan grid bambu dengan tiang  $L = 20$  cm dengan jarak 15 cm



Gambar 11. Lendutan grid bambu dengan tiang  $L = 20$  cm dengan jarak 10 cm

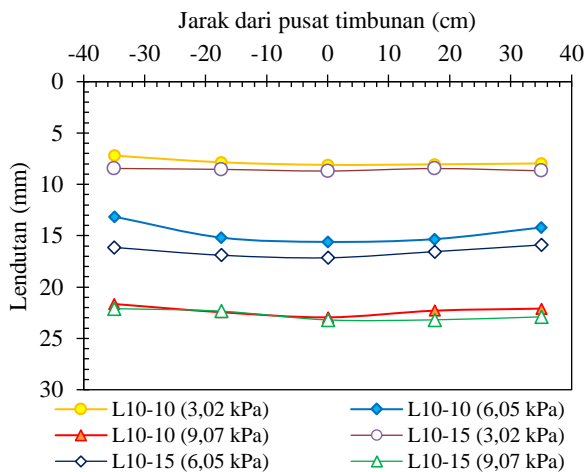
### 1.3. Pengaruh Susunan Tiang Terhadap Perilaku Lendutan

Pengaruh susunan tiang berupa panjang dan jarak antar tiang terhadap lendutan yang terjadi pada grid bambu akibat beban timbunan ditunjukkan pada Gambar 12 sampai Gambar 15.

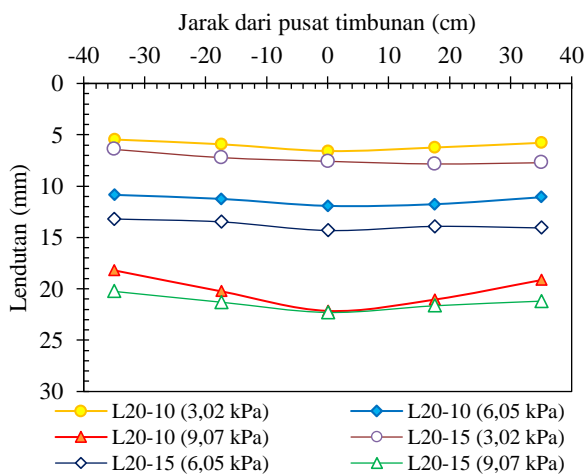
Pengaruh yang diakibatkan oleh perbedaan jarak tiang pada tiang dengan panjang 10 cm dan 20

cm diperlihatkan pada Gambar 12 dan Gambar13. Kedua variasi panjang tiang yang diuji dengan beban yang sama memperlihatkan bahwa lendutan pada tiang dengan jarak 10 cm lebih kecil dibandingkan tiang dengan jarak 15 cm. Susunan tiang yang lebih rapat dapat memperkecil lendutan sistem perkuatan sehingga stabilitas konstruksi lebih terjaga.

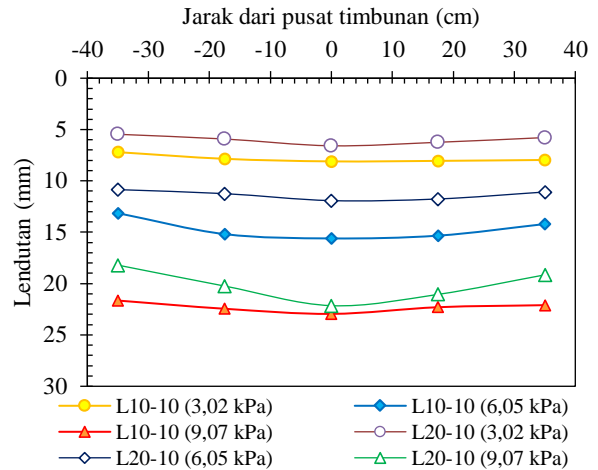
Pengaruh yang diakibatkan oleh perbedaan panjang tiang pada tiang dengan jarak 10 cm dan 15 cm diperlihatkan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Perubahan panjang tiang dari 10 cm ke 20 cm memperlihatkan peengurangan lendutan yang cukup signifikan pada setiap tahapan pembebanan yang diberikan. Kapasitas gesek pada tiang berhubungan dengan panjang tiang. Semakin panjang tiang, maka kapasitas tiangnya semakin tinggi, sehingga kemampuan tiang dalam memikul beban juga semakin tinggi.



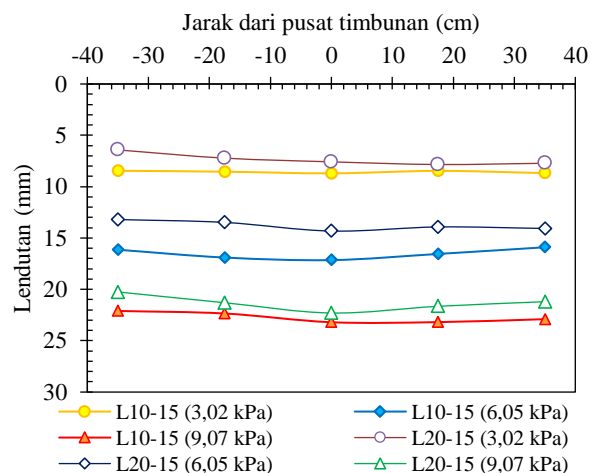
Gambar 12. Perbandingan Lendutan pada Tiang L = 10 cm



Gambar13. Perbandingan Lendutanpada Tiang L = 20 cm



Gambar 14. Perbandingan Lendutan pada Jarak Tiang S = 10 cm

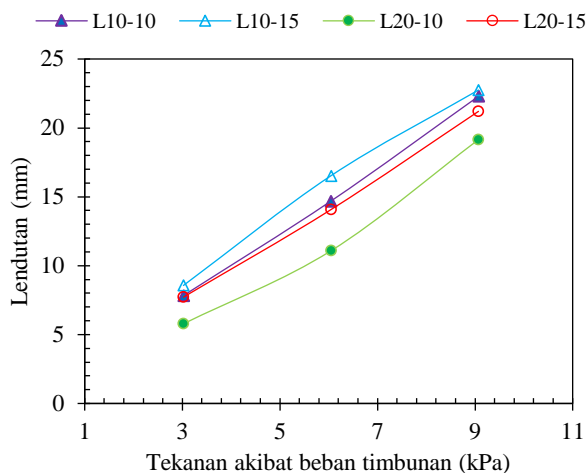


Gambar 15. Perbandingan Lendutan pada Jarak TiangS = 15 cm

Hubungan tekanan akibat beban timbunan pada susunan tiang yang berbeda dengan lendutan dapat dilihat pada Gambar 16. Beban yang semakin tinggi berbanding lurus dengan lendutan sistem perkuatan.

Susunan tiang dengan jarak yang berbeda berpengaruh terhadap perilaku lendutan. Lendutan pada tiang dengan jarak 10 cm dapat mereduksi lendutan pada tiang dengan jarak 15 cm sebesar 7,23% untuk panjang tiang 10 cm dan 18,68% untuk panjang tiang 20 cm. Hal yang sama didapatkan pada tiang dengan panjang yang berbeda. Lendutan pada tiang dengan panjang 20 cm dapat mereduksi lendutan pada tiang dengan panjang 10 cm sebesar 21,62% untuk jarak tiang 10 cm dan 10,52% untuk jarak tiang 15 cm.

Reduksi lendutan akibat perubahan jarak 5 cm didapatkan sebesar 12,96%, sedangkan reduksi lendutan akibat perubahan panjang tiang 10 cm didapatkan sebesar 16,07 %.



**Gambar 16. Perbandingan Lendutan**

Perlu dijelaskan bahwa jumlah tiang yang dibutuhkan untuk jarak 10 cm adalah 30 tiang, sedangkan untuk jarak 15 cm diperlukan tiang sebanyak 12 tiang.

Perubahan jarak dari 15 cm ke 10 cm membutuhkan penambahan jumlah tiang sebesar 150% dan perubahan panjang tiang dari 10 cm ke 20 cm membutuhkan penambahan jumlah tiang sebesar 100%.

Apabila ditinjau dari reduksi lendutan yang didapatkan, maka perubahan pada panjang tiang lebih efektif dan lebih efisien dalam mereduksi lendutan daripada perubahan pada jarak tiang.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diambil beberapa kesimpulan di antaranya :

- Tanah gambut yang diteliti tergolong sebagai tanah gambut berserat karena memiliki kadar serat > 20% dengan kandungan air yang cukup tinggi yaitu 645%.
- Lendutan sistem perkuatan dipengaruhi oleh jarak dan panjang tiang yang digunakan, jarak tiang yang lebih rapat dan tiang yang lebih panjang mengakibatkan lendutan sistem perkuatan yang semakin kecil.
- Kebutuhan tiang akibat perubahan jarak meningkat 150% dengan reduksi lendutan sebesar 12,96%, sedangkan peningkatan kebutuhan tiang akibat perubahan panjang hanya 100%, tetapi dapat mereduksi lendutan lebih besar yaitu 16,07%. Dengan demikian perubahan panjang lebih efektif dan efisien dalam mereduksi lendutan sistem perkuatan.
- Lendutan sistem perkuatan yang lebih kecil dapat menjaga kestabilan konstruksi di atasnya, baik beban timbunan maupun beban konstruksi lainnya di atas tanah gambut.

#### PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia atas bantuan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian melalui Hibah Penelitian Terapan Kompetitif Nasional Tahun Anggaran 2020.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bazne, M.O.A, Vahedifard, F., dan Shahrokhbadi, S., 2015, *The Effect of Geonet Reinforcement on Bearing Capacity of Low-Compacted Soft Clay*, *Transp. Infrastruct. Geotech*, 2, pp:47-63.
- [2] Boiko, I. L., Alhassan, M. dan Adejumo, T. W., 2013, *Load-Settlement Test of Full-Scale Foundation on Concrete-Grid Reinforced Soil*. *Academic Journal, Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 4(6), pp:211-216.
- [3] Carchedi, D.R., Monaghan, J., dan Parra, J., 2006, *Innovative Stabilization of Peat Soils for Railroad Foundation Using Rammed Aggregate Piers*, *Ground Modification and Seismic Mitigation (GSP 152)*, ASCE, pp : 127-134.
- [4] Diana W., Hardiyatmo, H. C., dan Suhendro, B., 2015, *Uji Model Sistem Pelat Terpaku (Soil Nailing System) pada Tanah Dasar Ekspansif*, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATTI 2015*, Jakarta.
- [5] Hardiyatmo, H.C., 2008, *Sistem Pelat Terpaku (Nailed Slab) untuk Perkuatan Pelat Beton pada Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Penanganan Sarana Prasarana, MPSP-FT-UGM*, April 2008, Yogyakarta.
- [6] Hermawan, Hermawan, W., dan Utami, T.E., 2009, *Kajian Geoteknik Lapisan Gambut untuk Fondasi Konstruksi Bangunan*. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 19(2), pp:97-106.
- [7] Huat, B.B.K., Kazemian, S., Prasad, A., dan Barghchi, M., 2011, *A Study of The Compressibility Behavior of Peat Stabilized by DMM: Lab Model and FE Analysis*, *Academic Journals*, 6(1), pp:196-204.
- [8] Irsyam, M., 2012, *Penerapan Teknologi Cerucuk Bambu*, *Transmedia Edisi 9, Majalah Kementerian Perhubungan*, pp: 16-20.
- [9] Liu, H.L., Ng, C.W.W., dan Fei, K., 2007, *Performance of a Geogrid-Reinforced and Pile-Supported Highway Embankment over Soft Clay: Case Study*, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 13(12), pp:1483-1493.



- [10] Maulana, Azwar, Susanti, R.D., dan Waruwu, A., 2018, *Potential of Bamboo Pile as Reinforcement of Peat Soil Under Embankment*, *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(1), pp: 52-56.
- [11] Oh, Y.I., dan Shin, E.C., 2007, *Reinforcement and Arching Effect of Geogrid-Reinforced and Pile-Supported Embankment on Marine Soft Ground*, *Marine Georesources & Geotechnology*, 25(2), pp: 97-118.
- [12] Priadi, E., 2008. *Behaviour of Tiang Tongkang Foundation over Pontianak Soft Organik Soil Using 3D – Finite Element Analysis*. DR.-ING Dissertation, Technischen Universität Bergakademie Freiberg.
- [13] Puri A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2011, *Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Frikksi Pendek pada Lempung Lunak*. *Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI*, 10-11 February 2011, Yogyakarta.
- [14] Rowe, R. K., Maclean, M. D., dan Soderman, K. L., 1984, *Analysis of a Geotextile-Reinforced Embankment Constructed on Peat*, *Canadian Geotechnical Journal*, 21(3), pp:563-576.
- [15] Simanjorang, D. N. B, Waruwu, A., Susanti, R. D., dan Panjaitan, S. R. N., 2019, *Uji Kapasitas Tiang Bambu dan Tiang Beton pada Tanah Gambut*, *Semnastek UISU*, Medan, pp: 178-181.
- [16] Waruwu, A., 2014, *Bamboo Reinforcement in Shallow Foundation on the Peat Soil*, *Journal of Civil Engineering Research*, 4(3A), pp: 96-102.
- [17] Waruwu, A. dan Susanti, R. D., 2015, *Behavior of Soil Peat with Reinforcement of Bamboo Grid*, *IOSR Journal of Engineering*, 5(11), pp: 2278-8719.
- [18] Waruwu, A., Husny, dan Nasution, T., 2016, *Pengaruh Perkuatan Grid Bambu akibat Beban Berulang pada Tanah Gambut*, Yogyakarta, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
- [19] Waruwu, A., Maulana, dan Halim, H., 2017, *Settlement estimation of peat reinforced with bamboo grid under embankment*, *International Review of Civil Engineering (I.R.E.C.E.)*, 8(6), pp: 299-306
- [20] Waruwu, A., Halim, H., Nasution, T. dan Hanova, Y., 2018, *Bamboo Grid Reinforcement on Peat Soil under Repeated Loading*, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(8), pp: 2190-2196.
- [21] Waruwu, A., Maulana, dan Halim, H., 2017a, *Settlement estimation of peat reinforced with bamboo grid under embankment*, *International Review of Civil Engineering (I.R.E.C.E.)*, 8(6), pp: 299-306
- [22] Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., dan Rifa'i, A., 2017b, *Deflection Behavior of The Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil*, *Journal of Applied Engineering Science*, 15(4), pp: 556 - 563
- [23] Waruwu, A., Halim, H., Nasution, T., dan Hanova, Y., 2018a, *Bamboo Grid Reinforcement on Peat Soil under Repeated Loading*, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(8), pp: 2190-2196.
- [24] Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C. & Rifa'i, A., 2019, *Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut*, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), pp: 152-159.
- [25] Waruwu, A., Susanti, R.D., Endriani, D., dan Hutagaol, S., 2020, *Effect of loading stage on peat compression and deflection of bamboo grid with concrete pile*, *International Journal of GEOMATE*, 18(66), pp: 150-155.
- [26] Vakher, M., 2000, *Load-Deformation Performance of Peat Soil under Large Concrete Plates*, Geotechnical Measurements: Lab and Field.