

Model Numerik dan Aplikasi Lapangan pada Peningkatan Daya Dukung Tanah Gambut yang Diperbaiki dengan Pasir serta Fondasi Kayu Plat Bersirip Baja

Stephanus Alexsander*, Fatma Sarie, Mohammad Ikhwan Yani, Liliana,
Muhammad Ryan Febriza Zadya Putra

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

*Koresponden email: stephanus@eng.upr.ac.id

Diterima: 18 Maret 2025

Disetujui: 23 Maret 2025

Abstract

Building on peat soils often causes problems, one of which is significant settlement. Local people often use wooden foundations on peat soils, but they may not be able to support the load. This study proposes to modify the timber foundation by incorporating steel strip plates and sand amelioration, which will be simulated using software and subjected to laboratory testing to evaluate the effect of incremental loads on settlement. Peat soil samples were collected from Jalan Bukit Raya XIV, Palangka Raya for laboratory analysis of their physical and mechanical properties. Plaxis 2D software was used for the modeling analysis. Field loading continued until settlement reached the SNI 8460: 2017 allowable threshold of 2.5 cm. The soil test results were as follows: moisture content = 580.51%; fiber content = 33.12%; ash content = 4.64%; bulk density = 1.06 g/cm³; specific gravity = 1.79; cohesion = 0.0023 kg/cm²; angle of internal friction = 2°. The software analysis results indicate that modifying the hardwood base with three steel strip plates is the most effective method for load resistance. The load at 2.5 cm settlement is 340 kg from the load test and 350.5 kg from the Plaxis 2D analysis.

Keywords: *wooden foundation, steel strip plate, peat soil, load testing*

Abstrak

Pembangunan di atas tanah gambut seringkali menimbulkan permasalahan salah satunya yaitu tingkat penurunan yang besar. Masyarakat lokal umumnya menggunakan fondasi kayu di atas tanah gambut meskipun terkadang masih gagal dalam menahan beban. Penelitian ini mengusulkan modifikasi fondasi kayu dengan menambahkan plat strip baja dan perbaikan tanah pasir yang akan dimodelkan melalui *software* dan pengujian laboratorium untuk menganalisis pengaruh pembebanan bertahap terhadap penurunan. Sampel tanah gambut diambil dari Jalan Bukit Raya XIV, Palangka Raya, untuk diuji sifat fisik dan mekaniknya di laboratorium. Analisis pemodelan menggunakan *software* Plaxis 2D. Pembebanan di lapangan dilakukan sampai penurunan mencapai batas izin SNI 8460:2017 yaitu 2,5 cm. Dari hasil pengujian tanah didapat nilai, kadar air = 580,51%; kadar serat = 33,12%; kadar abu = 4,64%; berat volume = 1,06 g/cm³; berat jenis = 1,79; kohesi = 0,0023 kg/cm²; sudut geser dalam = 2°. Hasil analisis *software* menunjukkan modifikasi fondasi kayu dengan tiga plat strip baja paling efektif dalam menahan beban. Besar beban saat penurunan mencapai 2,5 cm adalah 340 kg dari uji pembebanan dan 350,5 kg dari analisis Plaxis 2D.

Kata Kunci: *fondasi kayu, plat strip baja, tanah gambut, pengujian pembebanan*

1. Pendahuluan

Tanah gambut merupakan salah satu jenis tanah yang tersebar luas di Kalimantan, terutama Kalimantan Tengah. Tanah gambut terbentuk dari pembusukan tanaman di dataran rendah yang tergenang air, sehingga memiliki kandungan organik lebih dari 75% [1], [2], [3]. Selain kandungan organik, tanah gambut juga memiliki nilai kandungan air yang tinggi, berat volume yang cukup kecil, dan angka pori yang besar [3]. Hal tersebut dapat menimbulkan suatu kerugian dalam proyek konstruksi di atas tanah gambut.

Salah satu kerugian yang sering dihadapi dalam proyek konstruksi di atas tanah gambut adalah daya dukung yang rendah dan tingkat penurunan yang besar [4]. Menurut [5], penurunan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pemberian beban pada fondasi atau perubahan tegangan yang bekerja pada lapisan tanah fondasi. Terdapat beberapa cara untuk mengurangi penurunan tersebut, salah satunya dengan membuat fondasi yang sesuai.

Fondasi adalah elemen penting dalam konstruksi karena berperan sebagai penopang utama sebuah bangunan [6]. Dalam perencanaan dan aplikasi di lapangan khususnya membangun bangunan di atas tanah gambut, masyarakat setempat atau lokal umumnya menggunakan fondasi kayu atau kacapuri. Fondasi kacapuri adalah jenis pondasi dangkal yang mengapung di atas tanah gambut dengan menggunakan kayu ulin sebagai tiang dan kayu galam sebagai telapaknya [7]. Biaya yang ekonomis serta sistem pelaksanaan dan pembuatannya yang sederhana menjadi alasan utama dari penggunaan fondasi ini.

Dalam penggunaannya di lapangan, masih ditemukan adanya kasus ambruknya rumah kayu yang diakibatkan oleh gagalnya fondasi kayu dalam menahan beban. Padahal secara prinsip menegaskan bahwa fondasi seharusnya dapat menahan beban tanpa mengalami kegagalan [8]. Menurut [9], keadaan tersebut bisa terjadi karena terdapat kerusakan pada tiang kayu ulin serta adanya sunduk yang patah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan inovasi yaitu perencanaan desain atau model modifikasi fondasi kayu.

Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menggali tanah gambut, kemudian diberikan perkuatan tanah pasir yang dipadatkan. Di atas tanah pasir tersebut didirikan fondasi kayu ulin dengan menambahkan plat strip baja yang berfungsi untuk memperkuat fondasi itu sendiri dan diharapkan mereduksi besarnya penurunan yang terjadi. Modifikasi fondasi tersebut akan dimodelkan dengan bantuan *software* dan juga melalui pengujian kecil di lapangan dengan memberikan beban bertahap. Dengan demikian, modifikasi fondasi kayu plat sirip baja dimodelkan untuk menganalisis pengaruh pembebanan bertahap terhadap penurunan tertentu.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Fondasi

Fondasi adalah komponen struktural yang sangat penting dalam sebuah bangunan [10]. Suatu fondasi harus direncanakan dengan sebaik mungkin agar dapat menahan keseluruhan beban dari struktur yang ada di atasnya. Perencanaan dikatakan berhasil jika fondasi dapat menahan beban tanpa mengalami kegagalan. Sebaliknya, jika fondasi tidak cukup kuat untuk menahan beban yang ada, maka tanah di bawahnya akan mengalami penurunan yang berlebihan. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan atau bahkan runtuhnya bangunan yang berdiri di atas fondasi. Dua jenis fondasi yang paling umum digunakan adalah fondasi dangkal dan fondasi dalam. fondasi dangkal digunakan untuk bangunan yang tidak terlalu besar di atasnya, sedangkan fondasi dalam digunakan untuk bangunan bertingkat dan di atas tanah yang lembek [11].

2.2 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah tanah yang terbuat dari sisa tanaman yang mengalami pelapukan. Tanah gambut umumnya ditemukan di lahan basah, terutama di wilayah dengan rawa-rawa. [12]. Menurut [13], karakteristik tanah gambut yang luar biasa adalah daya dukung yang rendah, kadar air yang tinggi dan gaya tekan yang besar, sehingga tanah gambut adalah tanah yang sangat buruk dan kurang baik digunakan sebagai pendukung bangunan sipil.

2.3 Klasifikasi Tanah Gambut

Klasifikasi tanah gambut menurut [14] berasal dari tiga faktor, yaitu kadar serat, kadar abu, daya serap [14], dapat dilihat pada **Tabel 1**. Selain itu, tanah gambut terbagi menjadi dua kategori besar, yaitu gambut berserat (*fibrous peat*) yang memiliki kadar serat > 20% dan gambut tidak berserat (*amorphous granular peat*) yang memiliki kadar serat < 20%.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Gambut

Klasifikasi	Kategori	Batasan
Kadar serat	1. <i>Fibric</i>	Kadar serat > 67%
	2. <i>Hemic</i>	Kadar serat 33-67%
	3. <i>Sapric</i>	Kadar serat < 33%
Kadar abu	1. <i>Low ash</i>	Kadar abu < 5%
	2. <i>Medium ash</i>	Kadar abu 5-15%
	3. <i>High ash</i>	Kadar abu >15%
Daya serap	1. Ekstrim	Kadar air > 1500%
	2. Tinggi	Kadar air 800-1500%
	3. Sedang	Kadar air 300-800%
	4. Kecil	Kadar air < 300%

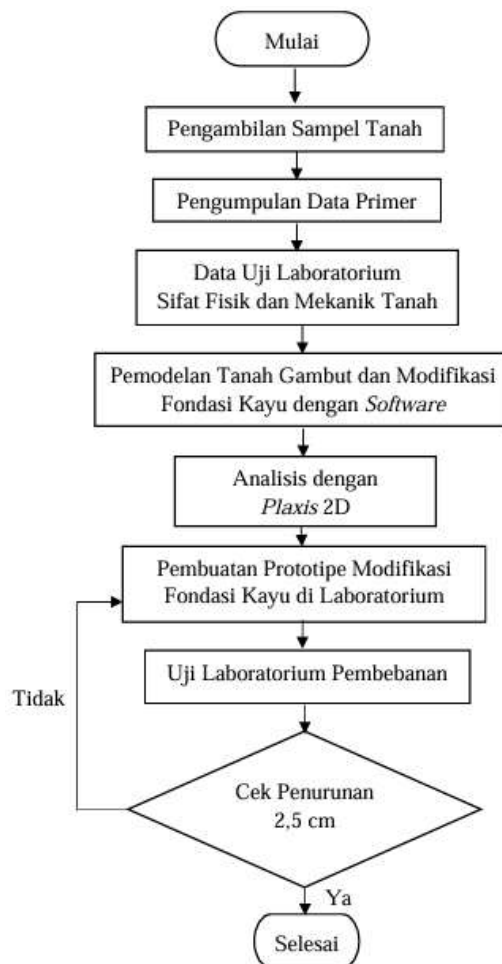
Sumber: ASTM D4427 (2002)

2.4 Plat Strip Baja

Plat strip adalah plat baja yang memiliki bentuk gepeng dan kotak, serta termasuk dalam golongan baja karbon rendah [15]. Strip baja adalah jenis plat dengan lebar relatif lebih kecil yaitu dengan lebar tertinggi 150 mm, yang sangat berbeda dari plat baja biasa. Plat strip baja umumnya digunakan dalam fabrikasi mesin, konstruksi sipil, dan bengkel las. Penggunaan plat baja juga dapat membantu menyalurkan beban pada fondasi sehingga besarnya tegangan tidak menyebabkan kerusakan.

3. Metode Penelitian

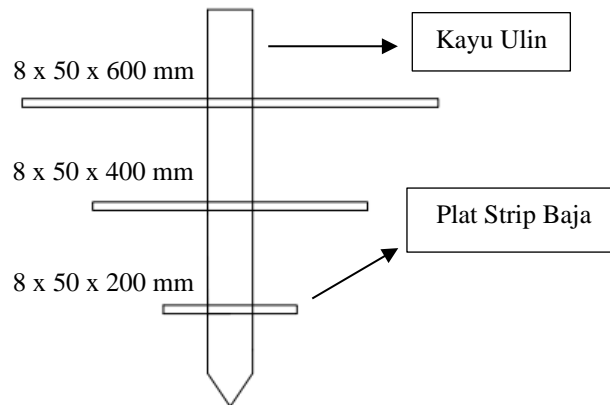
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan eksperimental. Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan sampel tanah gambut yang berlokasi di Jalan Bukit Raya XIV, Kota Palangka Raya. Sampel tersebut akan diuji sifat fisik dan mekaniknya di laboratorium untuk mendapatkan data primer pada penelitian ini. Pengujian yang dilakukan yaitu kadar air, kadar serat, kadar abu, berat volume, berat jenis dan kuat geser langsung. Setelah mendapatkan parameter tanah dari laboratorium, selanjutnya dilakukan analisis pemodelan tanah gambut dan modifikasi fondasi kayu dengan bantuan *software* Plaxis 2D. Setelah dianalisis, tahapan berikutnya adalah membuat prototipe dari modifikasi fondasi kayu. Kemudian, dilakukan pengecekan terhadap besar bebannya saat penurunan mencapai batas izin SNI 8460:2017 yaitu 2,5 cm. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Rencana bentuk realisasi fisik prototipe tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2**. Prototipe modifikasi fondasi kayu tersebut menggunakan kombinasi kayu ulin dan plat strip baja. Kayu ulin yang digunakan sebagai bahan utama tiang fondasi memiliki ukuran yaitu 8 x 8 cm dengan panjang 100 cm. Adapun plat strip baja yang digunakan adalah sebanyak 3 buah dengan ketebalan masing-masing yaitu 8 mm dan lebar 50 mm. Namun, untuk panjang dari ketiga plat strip baja tersebut bervariasi, yaitu pada plat strip pertama (paling atas) memiliki panjang 600 mm, pada plat strip kedua (di tengah) dengan panjang 400 mm dan pada plat strip ketiga (paling bawah) yaitu 200 mm. Setelah itu, pengujian pembebanan di lapangan akan

dilakukan dengan menaruh beban berupa karung berisi pasir dengan berat 20 kg yang akan ditambah setiap tiga hari sekali sampai penurunan mencapai target yaitu 2,5 cm.



Gambar 2. Rencana Bentuk Modifikasi Fondasi Kayu

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Fisik Tanah Gambut

Berikut adalah data sifat fisik tanah yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
Kadar air (w)	%	580,51
Kadar serat (FC)	%	33,12
Kadar abu (AC)	%	4,64
Berat volume (γ)	g/cm ³	1,06
Berat jenis (G_s)	-	1,79

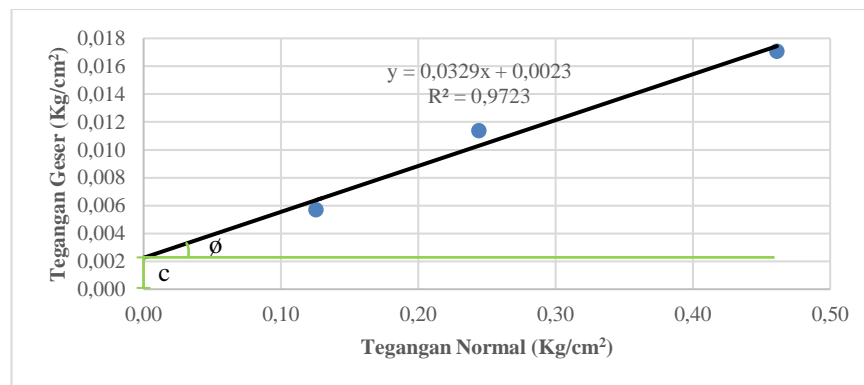
Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2025)

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa tanah gambut memiliki klasifikasi sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian kadar serat didapat nilai kadar serat sebesar 33,12%, maka tanah gambut tersebut termasuk tanah gambut *hemic* [14] dan gambut berserat (*fibrous peat*).
2. Dari hasil pengujian kadar abu didapat nilai kadar abu sebesar 4,64%, maka tanah gambut tersebut termasuk tanah gambut *low ash* [14].
3. Dari hasil pengujian kadar air didapat nilai kadar air sebesar 580,51%, maka tanah gambut tersebut termasuk tanah gambut dengan daya serap sedang [14].

4.2 Sifat Mekanik Tanah Gambut

Hasil dari pengujian sifat mekanik tanah yaitu pengujian kuat geser langsung, ditunjukkan dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser.



Gambar 3. Grafik Hubungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser
Sumber: Analisa Data (2025)

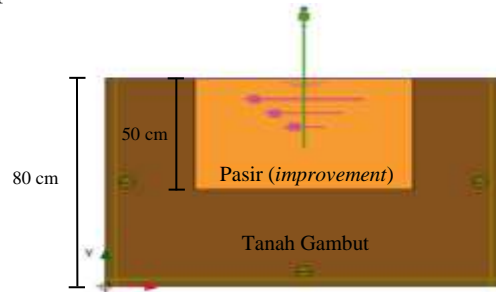
Berdasarkan hasil pengujian kuat geser langsung, maka didapatkan:

$$c = 0,0023 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = 2^\circ$$

4.3 Pemodelan Tanah Gambut dan Modifikasi Fondasi Kayu pada Plaxis 2D

Pemodelan yang dibuat pada *software* mengikuti bentuk atau model laboratorium yang telah direncanakan, dapat dilihat pada **Gambar 2**.

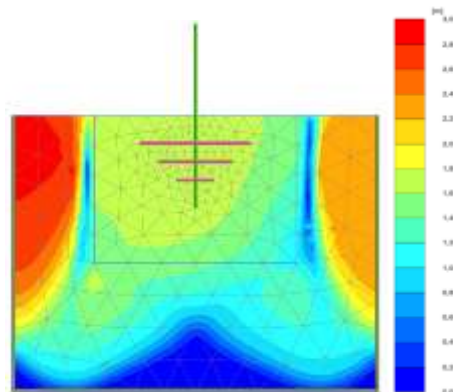


Gambar 4. Model Modifikasi Fondasi Kayu dengan Tiga Plat Strip Baja

Pasir yang digunakan untuk melakukan perbaikan (*improvement*) pada tanah gambut adalah pasir pasang sedalam 50 cm. Selain pemodelan pada **Gambar 4**, dimodelkan juga fondasi kayu dengan tanpa adanya plat strip baja, dengan satu plat strip baja, dan dengan dua plat strip baja. Dari pemodelan modifikasi fondasi kayu yang telah dibuat, selanjutnya akan dianalisis untuk melihat seberapa besar penurunan yang terjadi pada masing-masing model tersebut.

4.4 Analisis Pemodelan Modifikasi Fondasi Kayu dengan Plaxis 2D

Berikut adalah hasil dari model fondasi kayu yang dimodifikasi dengan tiga plat strip baja.



Gambar 5. Total Displacement Model Modifikasi Fondasi Kayu dengan Tiga Plat Strip Baja

Dari **Gambar 5** dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi pada area tiang fondasi tersebut tidak sebesar pada area di luar timbunan perbaikan tanah gambut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya perbaikan atau *improvement* pada tanah gambut membuat tanah pada area sekitar fondasi tidak mengalami penurunan yang berlebihan atau penurunannya tereduksi dengan baik. Pengaruh besar beban terhadap penurunan yang terjadi dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Pengaruh besar beban terhadap penurunan yang terjadi

Fy (kg)	Uy (mm)
0	0
9,3	1
23,2	2
38,0	3
46,0	4
62,3	5
78,8	6
87,2	7
99,9	8

Fy (kg)	Uy (mm)
117,0	9
127,8	10
140,8	11
156,3	12
169,8	13
183,5	14
202,2	15
216,3	16
230,5	17
244,7	18
259,0	19
270,9	20
285,1	21
299,2	22
315,3	23
328,7	24
350,5	25

Sumber: Analisis Data (2025)

Berikut adalah rekapitulasi hasil besar beban dari semua model baik yang tidak dimodifikasi maupun yang dimodifikasi serta dengan perbaikan pada tanah gambut untuk mencapai penurunan yang ditargetkan yaitu 2,5 cm atau 25 mm.

Tabel 4. Rekapitulasi besar beban dari semua model

Model	Besar beban (kg)	Penurunan (mm)
Tanpa Plat Strip Baja	331,7	25
Satu Plat Strip Baja	334,6	25
Dua Plat Strip Baja	340,9	25
Tiga Plat Strip Baja	350,5	25

Sumber: Analisis Data (2025)

Dari **Tabel 4** diketahui bahwa model yang paling efektif untuk mencapai batas maksimum penurunan yang diizinkan yaitu 2,5 cm atau 25 mm adalah model modifikasi dengan tiga plat strip baja. Oleh karena itu, model modifikasi fondasi kayu dengan tiga plat strip baja yang dibuat prototipenya untuk dilakukan uji pembebanan di lapangan. Berikut adalah realisasi fisik dari model modifikasi fondasi kayu dengan tiga plat strip baja.



Gambar 6. Prototipe Modifikasi Fondasi Kayu

4.5 Pengujian Pembebanan pada Prototipe Modifikasi Fondasi Kayu

Dalam pengujian dilakukan pembebanan bertahap dengan menaruh beban yaitu berupa karung berisi pasir dengan berat 20 kg yang akan ditambah setiap tiga hari sekali sampai penurunan mencapai target. Proses pengujian pembebanan di lapangan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Proses Pengujian Pembebanan di Lapangan

Selanjutnya, dilakukan pengamatan untuk melihat seberapa besar penurunan yang terjadi pada prototipe modifikasi fondasi kayu tersebut setelah diberikan beban. Contoh hasil pengamatan di lapangan dapat dilihat pada **Gambar 8**. Berikut adalah hasil pengamatan setelah dilakukan pengujian pembebanan di lapangan pada prototipe modifikasi fondasi kayu.



Gambar 8. Contoh Hasil Pengamatan di Lapangan

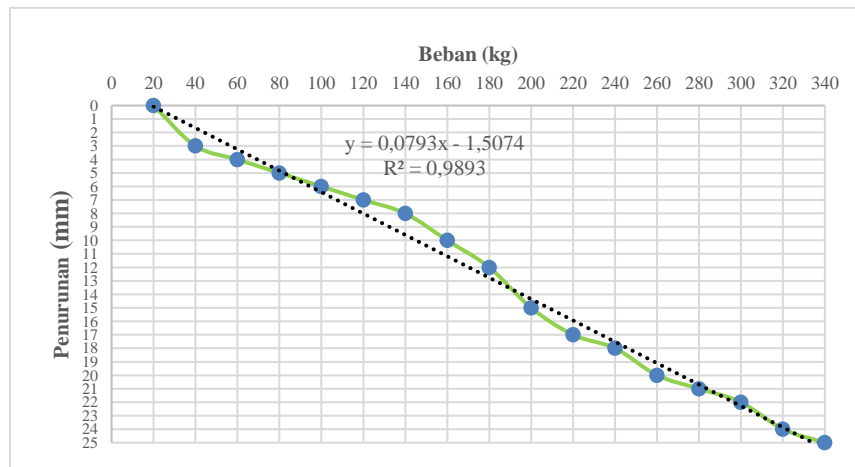
Berikut adalah hasil pengamatan setelah dilakukan pengujian pembebanan di lapangan pada prototipe modifikasi fondasi kayu.

Tabel 4. Pengaruh Besar Beban terhadap Penurunan yang terjadi di lapangan

Beban (kg)	Penurunan (mm)
20	0
40	3
60	4
80	5
100	6
120	7
140	8
160	10
180	12
200	15
220	17
240	18
260	20
280	21
300	22
320	24
340	25

Sumber: Hasil Pengamatan (2025)

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat bahwa total beban ketika penurunan yang terjadi mencapai 25 mm atau 2,5 cm adalah sebesar 340 kg. Grafik hubungan antara besar beban terhadap penurunan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Grafik Hubungan Besar Beban terhadap Penurunan yang Terjadi di Lapangan
Sumber: Analisa Data (2025)

Dari grafik **Gambar 9** tersebut dapat dilihat pola yang terjadi adalah pola linear positif. Artinya adalah semakin banyak beban yang diberikan maka semakin banyak juga penurunan yang akan terjadi. Jika dilihat dari nilai *R square* (koefisien determinasi) yaitu sebesar 0,9803 atau 98,03% menyatakan bahwa penambahan beban berpengaruh sebesar 98,03% terhadap besar penurunan yang terjadi. Persamaan regresi linear yang diperoleh dari grafik tersebut yaitu $Y = 0,0793X - 1,5074$ menjelaskan bahwa setiap 1 kg penambahan beban (variabel X) pada prototipe modifikasi fondasi kayu menyebabkan peningkatan penurunan (variabel Y) sebesar 0,0793 mm.

5. Kesimpulan & Saran

Berdasarkan pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik tanah gambut, didapatkan nilai kadar air (w) = 580,51%, kadar serat = 33,12%, kadar abu = 4,64%, berat volume (γ) = 1,06 g/cm³, berat jenis (G_s) = 1,79, kohesi (c) = 0,0023 kg/cm², sudut geser dalam (ϕ) = 2°. Hasil analisis dari *software* menunjukkan bahwa model modifikasi fondasi kayu untuk tanah gambut dengan variasi tiga plat strip baja menjadi yang paling efektif dalam menahan beban. Besar beban saat penurunan mencapai batas izin SNI 8460:2017 yaitu 2,5 cm adalah 340 kg dari pengujian lapangan dan 350,5 kg dari analisis Plaxis 2D. Untuk penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan prototipe dari modifikasi fondasi kayu yang diuji pembebanan di lapangan dibuat lebih banyak model modifikasinya sehingga hasil dari masing-masing model bisa dibandingkan. Selain bentuk prototipe fondasi kayu dan strip baja juga diperlukan adanya perkuatan dengan pengukuran CBR pada perkuatan tanah pasir untuk dapat memberikan hasil yang lebih optimum.

6. Referensi

- [1] A. A. Book, "Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing (D4427-92)," *ASTM, Section*, vol. 4, 1992.
- [2] F. Harwadi and N. E. Mochtar, "Compression Behavior of Peat Soil Stabilized with Environmentally Friendly Stabilizer," in *Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010)*, 2010, pp. 9–10.
- [3] N. E. Mochtar and F. E. Yulianto, "Pengaruh usia stabilisasi pada tanah gambut berserat yang distabilisasi dengan campuran CaCO₃ dan pozolan," *Jurnal Teknik Sipil ITB*, vol. 21, no. 1, pp. 57–64, 2014.
- [4] S. A. Nugroho, "Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu," *Jurnal Teknik Sipil ITB*, vol. 18, no. 1, pp. 31–40, 2011.
- [5] S. N. Indonesia, "Persyaratan perancangan geoteknik," *SNI*, vol. 8460, p. 2017, 2017.
- [6] A. I. Candra, "Analisis Daya Dukung Pondasi Strous Pile Pada Pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri," *Ukarst*, vol. 1, no. 1, pp. 27–39, 2017.

- [7] J. C. Heldiansyah, M. A. Ma'ruf, and W. A. Krasna, "Inovasi Desain Pondasi Kacapuri di Atas Tanah Gambut yang Distabilisasi," *LANTING Journal of Architecture*, vol. 3, no. 1, pp. 37–47, 2014.
- [8] G. Pribadi and Y. P. A. Rumbayso, "Analisis Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Perhitungan Manual dan Software ALLPILE," *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, vol. 5, no. 2, pp. 16–20, 2023.
- [9] N. Nurfansyah, M. I. Saud, P. W. Wastuti, A. Q. Aini, and N. Agusniansyah, "Perkembangan Pondasi Tiang Kayu Pada Rumah Tinggal Di Banjarmasin," *Info-Teknik*, vol. 21, no. 2, pp. 199–214, 2020.
- [10] U. N. Fadilah and H. Tunafiah, "Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan," *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, pp. 7–13, 2018.
- [11] G. Roschedy, F. J. Manoppo, A. T. Mandagi, and K. Gorontalo, "Analisis Daya Dukung Pondasi Jembatan Gorr I," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 4, pp. 397–408, 2019.
- [12] Abiyogo, Muhammad Bagas. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Kapur Tohor Dan Matos® Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah*. Diss. Universitas Islam Indonesia, 2019.
- [13] F. E. Yulianto, *Stabilisasi Tanah Gambut dengan Material Ramah Lingkungan*. Deepublish, 2023.
- [14] D. ASTM, "4427-92. Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing, Pub," *L. No. D*, vol. 4427, no. 1, 2002.
- [15] M. S. Anam, J. W. Dika, and H. S. Putra, "Analisis Tensil Strength Dan Micro Structure Pada Hasil Las Plat Besi Strip Dengan Variasi Jenis Ampare," *Journal of Science Nusantara*, vol. 2, no. 1, pp. 24–32, Mar. 2022, doi: 10.28926/jsnu.v2i1.206.