

Potensi Kawat Baja Sebagai Pengikat Tiang Dengan Pelat Dalam Menahan Beban

Deardo Samuel Saragih^{1*}, Novdin Manoktong Sianturi², Virgo Erlando Purba³, Dermina Roni Santika Damanik⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Simalungun,
Jl. Sisingamangaraja Barat, Bah Kabul, Siantar Sitalasari, Kota Pematang Siantar, 21142

Abstrak

Konstruksi jalan dan jembatan perlu didukung dengan sistem yang kuat, baik dari segi material maupun sambungan antar elemen strukturnya. Sistem sambungan perkuatan tiang dengan pelat pendukung konstruksi di atasnya perlu diperhatikan agar dapat bekerja secara bersama-sama dalam memikul beban. Oleh karena itu penelitian dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kawat baja sebagai pengikat tiang dengan pelat dalam menahan beban terbagi rata di atasnya. Penelitian ini dilakukan dengan uji model di laboratorium pada media uji yang diperkuat dengan sistem tiang dengan pelat. Sambungan tiang dibedakan terikat dan tidak terikat dengan sempurna. Analisis reduksi penurunan dilakukan pada perbedaan penurunan untuk tiang yang terikat dan tidak terikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sistem tiang yang terikat dengan kawat baja pada pelat lebih baik dalam menahan beban. Hal ini diketahui dari reduksi penurunan yang signifikan pada beban yang lebih besar dan dalam waktu yang lebih lama. Sistem dapat bekerja secara bersama-sama, sehingga kestabilan konstruksi lebih terjaga dan lebih tahan lama.

Kata kunci: Sambungan, tiang, pelat, penurunan, beban terbagirata

Abstract

Road and bridge construction needs to be supported by a strong system, both in terms of material and connections between structural elements. Pile reinforcement connection system with slab support construction on it needs to be considered so that it can work together in carrying the load. Therefore, research is needed to find out how much effect the steel wire as a binding pile with a plate in resisting uniform loads on it. This research was conducted by testing the model in a laboratory on a test medium that was reinforced with the pile with the slab system. Pile joints are distinguished bound perfectly and unbound. A reduction settlement analysis is performed on the difference in settlement for bound and unbound piles. The results showed that the performance of the pile system which was bound with steel wires on the slab was better at resisting loads. This is known from the significant reduction of settlement in the larger load and in a longer time. The system can work together so that the stability of construction is better maintained and more durable.

Keywords: connection, pile, slab, settlement, uniform load.

1. Pendahuluan

Kekuatan struktur dalam memikul beban sangat ditentukan dari sistem struktur itu sendiri, baik material yang digunakan maupun sistem sambungan antar elemen satu dengan elemen lainnya. Termasuk sistem sambungan antara tiang-tiang perkuatan dengan pelat di

atasnya. Sistem tiang dengan pelat yang tersambung dengan baik dapat bekerja bersamaan ketika beban diterapkan.

Tiang-tiang dengan pelat dapat digunakan sebagai perkuatan pada tanah untuk konstruksi jalan maupun sistem pondasi tiang pada pekerjaan jembatan. Tiang-tiang ini dapat memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja sehingga daya dukung tanah dasar konstruksi meningkat dalam menerima beban timbunan dan beban-beban lainnya. Panjang tiang yang

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: deardosamuels@gmail.com

memperkuat pelat setidaknya setengah dari tebal lapisan tanah lunak untuk mendapatkan reduksi penurunan yang signifikan (Waruwu, et al., 2016).

Sistem tiang dengan pelat yang dinamakan sistem pelat terpaku dapat digunakan sebagai perkuatan tanah pada pekerjaan-pekerjaan jalan. Tiang-tiang pada sistem ini disambungkan secara terikat pada pelat di atasnya. Kinerja sistem ini mampu mengurangi penurunan pelat dan meningkatkan modulus reaksi tanah dasar, tiang terikat lebih efektif dibandingkan tidak terikat (Waruwu, et al., 2017). Reduksi penurunan pada tiang yang terikat lebih tinggi dibandingkan dengan tiang yang tidak terikat dengan pelat (Waruwu, et al., 2019).

Sistem ikatan dapat menggunakan metode *post-installed rebar connection*, sehingga struktur beton dapat bekerja secara bersama-sama (Shouman, et al., 2018). Material tiang dibuat dari tiang beton, karena memiliki kapasitas dukung yang lebih tinggi dari tiang bambu maupun material lainnya, hal yang sama didapatkan pada tiang beton menghasilkan penurunan yang kecil daripada tiang bambu dan material lainnya (Simanjorang, et al., 2019). Pelat dari beton merupakan elemen struktur penahan beban vertikal yang rata dan dapat dirancang dengan dimensi yang cukup besar (Faqih, 2015).

Sistem pelat terpaku dapat digunakan sebagai perkerasan kaku pada tanah lunak. Sistem ini dapat mengurangi penurunan secara signifikan akibat beban yang bekerja (Puri, et al., 2017). Sistem pelat terpaku dapat meningkatkan daya dukung tanah dalam menahan beban, sehingga menghasilkan penurunan yang seragam dan menambah ketahanan yang lebih tinggi terhadap beban di atasnya (Puri, et al., 2015). Sistem pelat terpaku didapatkan cukup efektif dalam mengurangi pergeseran permukaan perkerasan akibat pengembangan tanah lempung di bawahnya (Diana, et al., 2016).

Sistem perkuatan tiang beton dapat meningkatkan daya dukung tanah dalam memikul beban-beban di atasnya seperti beban timbunan (Waruwu, et al., 2020). Tiang-tiang ini dapat memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja, sehingga penurunan tanah semakin berkurang. Tiang yang terikat berpengaruh signifikan pada tiang yang semakin panjang dibandingkan pada tiang dengan jarak yang semakin rapat (Waruwu, et al., 2019). Penggunaan kepala tiang yang terikat dengan tiang memberikan kinerja yang baik dalam mendukung beban-beban timbunan untuk konstruksi (Ye, et al., 2020).

Sistem ikatan kawat baja pada sambungan tiang dengan pelat perlu diteliti lebih jauh melalui serangkaian uji model di laboratorium dan membandingkan potensinya dalam memikul beban dengan tiang yang tidak terikat. Makalah ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar reduksi penurunan yang didapatkan pada tiang akibat sambungan dari kawat baja secara terikat

pada pelat dalam menerima beban-beban konstruksi di atasnya.

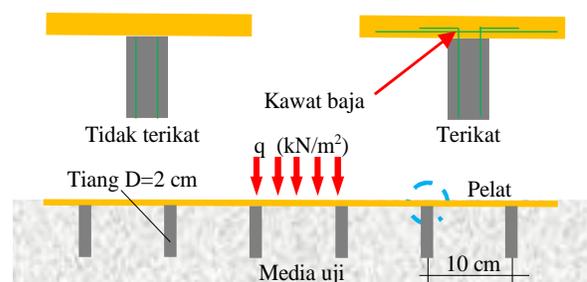
Rancangan penelitian dilakukan dengan cara pengamatan model skala kecil di laboratorium yang dibebani secara merata untuk dapat diterapkan pada pekerjaan jalan dan pondasi jembatan. Hasil pengamatan dianalisis dengan membandingkan penurunan pada tiang yang tersambung secara terikat dengan pelat dan tiang yang tidak terikat.

2. Metode dan Bahan

Penelitian dilakukan melalui serangkaian uji model skala 1:10 di laboratorium beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Simalungun. Tiang-tiang beton disusun sedemikian dengan jarak antar tiang 10 cm. Tiang-tiang dipancang dalam media uji, dimana di atasnya diletakkan pelat.

Sambungan pelat dengan tiang dibedakan dalam 2 (dua) bentuk, masing-masing terikat dengan kawat baja dan tidak terikat sama sekali. Tulangan baja pada tiang beton diteruskan sampai ke pelat dan diteuk untuk kemudian diikat dengan kawat baja untuk tiang terikat, sedangkan untuk tiang tidak terikat dirancang tanpa sambungan antara tiang dengan pelat, sehingga pelat terletak bebas di atas tiang-tiang. Bentuk model dapat dilihat pada Gambar 1.

Panjang tiang yang digunakan sebesar 25 cm dengan diameter 2 cm dan jarak 10 cm, sama dengan penelitian yang dilakukan (Waruwu, et al., 2016). Namun beban yang diterapkan berupa beban terbagirata secara bertahap, sedangkan penelitian lainnya, beban diberikan secara *loading-unloading* (Waruwu, et al., 2017).



Gambar 1. Uji model di laboratorium

Pelat dibebani bertahap dengan beban terbagi rata (q) setiap 24 jam sebanyak 6 tahap, setiap 48 jam sebanyak 3 tahap, dan setiap 72 jam sebanyak 2 tahap. Tahapan beban untuk 2 tahap masing-masing ditambah dengan tekanan 4,5 kPa, untuk 3 tahap masing-masing ditambah dengan tekanan 3 kPa, dan untuk 6 tahap masing-masing ditambah dengan tekanan 1,5 kPa.

Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan menghitung reduksi penurunan akibat sistem sambungan tiang yang terikat dengan pelat. Berdasarkan analisis, maka didapatkan persentase pengurangan penurunan pada pelat yang terikat dengan tiang-tiang.

Analisis reduksi penurunan mengacu pada analisis reduksi penurunan terhadap pelat tanpa tiang yang digunakan oleh (Waruwu, et al., 2016).

$$R = 100\% \frac{(S_1 - S_o)}{S_1} \quad (1)$$

Keterangan:

- S_o : penurunan pada tiang terikat
- S_1 : penurunan pada tiang tidak terikat
- R : reduksi penurunan (%)

Reduksi penurunan pelat dengan tiang yang terikat didapatkan rata-rata sebesar 29-59 % untuk pelat 20 cm x 20 cm dan 43-81% untuk pelat 60 cm x 28 cm (Waruwu, et al., 2016). Reduksi penurunan untuk tiang terikat sebesar 36-68 % sedangkan tiang tidak terikat sebesar 16-47 % (Waruwu, et al., 2019).

3. Hasil dan Pembahasan

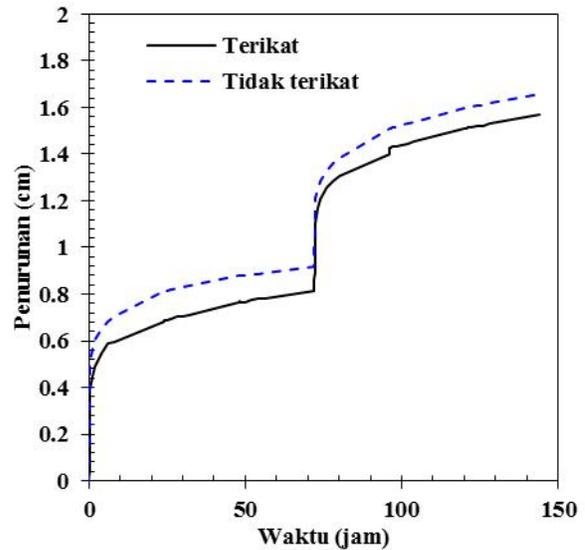
Hasil Uji Beban Ditinjau dari Waktu

Hubungan waktu dan penurunan berdasarkan hasil uji beban pada pelat yang terikat dan tidak terikat dengan tiang dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

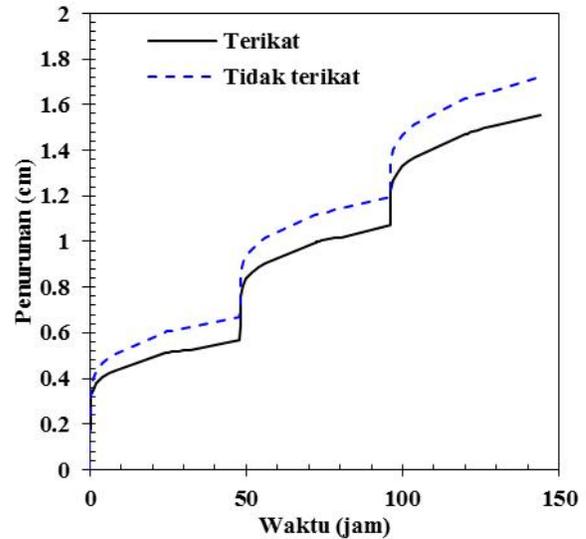
Tahapan beban ditambah setiap 72 jam untuk 2 tahap terlihat pada Gambar 2. Tahapan beban ditambah setiap 48 jam untuk 3 tahap terlihat pada Gambar 3. Tahapan beban ditambah setiap 24 jam untuk 6 tahap terlihat pada Gambar 4.

Penurunan yang cukup besar terjadi di awal pembebanan baik untuk tahap pertama maupun tahap kedua. Penurunan selanjutnya terlihat masih terjadi, namun dengan penambahan yang relatif kecil. Tiang yang disambung dengan ikatan kawat baja memperlihatkan penurunan yang lebih kecil dibandingkan tiang yang tidak terikat dengan pelat (Gambar 2).

Penurunan setiap tahapan beban untuk 3 tahap lebih kecil dibandingkan dengan 2 tahap. Penurunan di awal beban terlihat cukup signifikan dibandingkan pada waktu yang lebih lama. Penurunan pada tiang yang terikat dengan pelat masih lebih kecil dibandingkan dengan tiang yang tidak diikat. Perbedaan penurunan antara tiang terikat dengan tidak terikat semakin tinggi sejalan dengan waktu yang semakin bertambah (Gambar 3).



Gambar 2. Hubungan waktu dengan penurunan untuk Beban 2 tahap

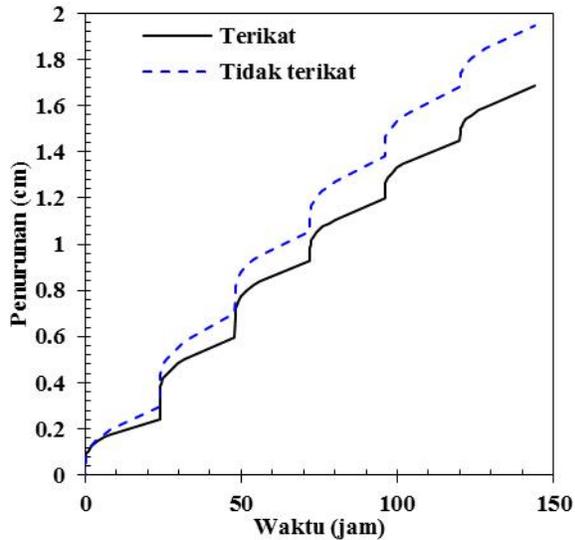


Gambar 3. Hubungan waktu dengan penurunan untuk Beban 3 tahap

Penurunan pada awal pembebanan terlihat relatif lebih kecil untuk 6 tahap dibandingkan dengan 3 tahap dan 2 tahap. Penurunan terus bertambah seiring dengan penambahan waktu. Perbedaan penurunan setiap tahapan waktu semakin tinggi sejalan dengan bertambahnya tahapan waktu pembebanan, hal ini dapat disebabkan karena tiang yang tidak terikat dengan pelat semakin tidak stabil ketika waktu beban semakin bertambah Gambar 4.

Model skala kecil di laboratorium memperlihatkan pengaruh waktu yang cukup signifikan pada sistem tiang dengan pelat. Hal ini akan terlihat

lebih jelas lagi pada pekerjaan-pekerjaan lapangan dengan beban konstruksi dalam jangka waktu yang lebih lama, dapat dipastikan bahwa sistem tiang yang tidak terikat dengan pelat memberikan dampak negatif pada kinerja konstruksi-konstruksi jalan yang menggunakan perkuatan dari tiang-tiang dengan pelat, demikian halnya untuk tiang-tiang yang digunakan pada konstruksi jembatan. Perlu diperhatikan sistem sambungan yang cukup kuat secara terikat antara tiang dengan pelat.



Gambar 4. Hubungan waktu dengan penurunan untuk Beban 6 tahap

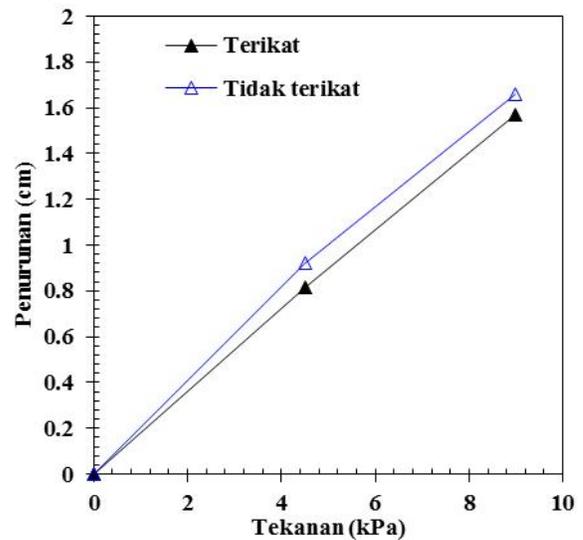
Hasil Uji Beban Ditinjau dari Tahapan Beban

Hasil uji beban pada tiang yang terikat dengan kawat baja dan tidak terikat dengan pelat diperlihatkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Beban untuk 2 tahap diberikan secara bertahap setiap 4,5 kPa (Gambar 5), untuk 3 tahap diberikan secara bertahap setiap 3 kPa (Gambar 6), dan untuk 6 tahap diberikan secara bertahap setiap 1,5 kPa (Gambar 7).

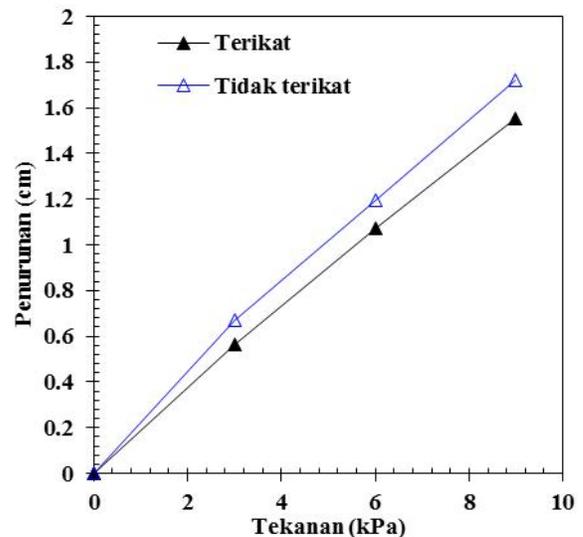
Penurunan pada tiang yang terikat dengan kawat baja terlihat lebih kecil dibandingkan dengan tiang yang tidak terikat baik untuk beban dengan tekanan 4,5 kPa maupun untuk beban dengan tekanan 9 kPa (Gambar 5).

Hasil uji beban dengan tambahan tekanan 3 kPa setiap tahap terlihat semakin tinggi sejalan dengan penambahan beban. Perbedaan penurunan pada tiang yang terikat dan tidak terikat semakin tinggi dengan bertambahnya pembebanan (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa tiang yang tidak terikat semakin tidak stabil dengan bertambahnya beban yang diberikan.

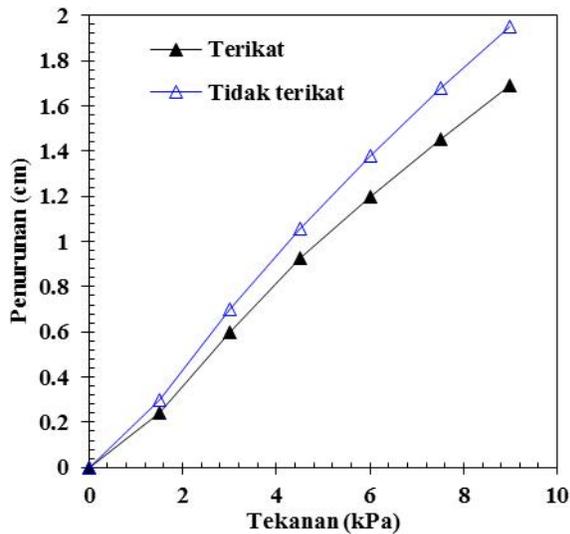


Gambar 5. Hubungan tekanan dengan penurunan untuk 2 tahap

Beban-beban kecil memberikan pengaruh yang kecil pada sistem sambungan tiang dengan pelat. Perbedaan penurunan pada beban kecil terlihat tidak signifikan, namun penambahan beban yang lebih besar menunjukkan perbedaan yang semakin nyata antara tiang yang terikat dengan tiang yang tidak terikat dengan pelat (Gambar 7). Hal ini membuktikan bahwa tiang yang tidak terikat dengan pelat menunjukkan kinerja yang kurang baik dalam hal memikul beban. Penurunan terlihat semakin tinggi, sehingga sistem semakin tidak stabil.



Gambar 6. Hubungan tekanan dengan penurunan untuk 3 tahap



Gambar 7. Hubungan tekanan dengan penurunan untuk 6 tahap

Ikatan kawat baja pada sambungan tiang beton dengan pelat memberikan pengaruh positif pada perilaku sistem dalam memikul beban. Hal ini perlu diperhatikan pada pekerjaan-pekerjaan sistem perkuatan dari tiang-tiang dengan pelat untuk konstruksi jalan maupun konstruksi jembatan.

Reduksi Penurunan

Hasil analisis reduksi penurunan pada tiang yang terikat dengan kawat baja dapat dilihat pada Tabel 1. Reduksi penurunan merupakan reduksi penurunan rata-rata antara penurunan pada tiang yang terikat dengan yang tidak terikat.

Tabel 1. Rata-rata reduksi penurunan dalam persen

No.	Kriteria	Tinjauan waktu	Tinjauan beban
1	2 tahap	11,21	8,45
2	3 tahap	11,89	11,78
3	6 tahap	11,19	14,27
	Rata-rata	11,43	11,51

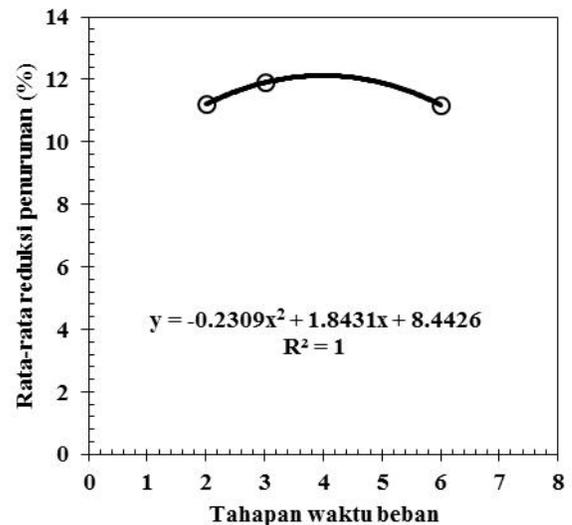
Berdasarkan hasil analisis pada tahap waktu sebanyak 2 tahap didapat nilai reduksi penurunan sebesar 11,21 %, untuk 3 tahap sebesar 11,89 %, dan untuk 6 tahap sebesar 11,19 %. Rerata reduksi penurunan pada tahapan beban ditinjau dari segi waktu didapatkan sebesar 11,43 %.

Berdasarkan hasil analisis untuk tinjauan beban sebanyak 2 tahap didapat nilai reduksi penurunan sebesar 8,45 %, untuk 3 tahap sebesar 11,78 %, dan untuk 6 tahap sebesar 14,27 %. Rerata reduksi penurunan pada tahapan beban ditinjau dari segi pembebanan didapatkan sebesar 11,51 %. Hal ini mendekati sama dengan rerata reduksi penurunan yang ditinjau dari segi waktu sebesar 11,43%. Tiang yang memperkuat pelat secara terikat dapat mereduksi penurunan, sehingga kemampuan tanah dalam memikul beban semakin meningkat (Waruwu, et al., 2016).

Tahapan beban dan tahapan waktu memberikan pengaruh yang signifikan pada perilaku sistem sambungan tiang dengan pelat. Tiang-tiang yang diikat dengan kawat baja memberikan pengaruh dalam hal reduksi penurunan sekitar 11% lebih.

Hasil analisis rata-rata reduksi penurunan ditinjau dari tahapan waktu dapat dilihat pada hubungan tahapan waktu beban dengan reduksi penurunan pada Gambar 8.

Tahapan waktu yang optimum dalam mencapai reduksi penurunan maksimum didapatkan pada tahapan waktu sekitar 4 tahap atau sekitar 36 jam setiap tahap untuk penelitian ini.

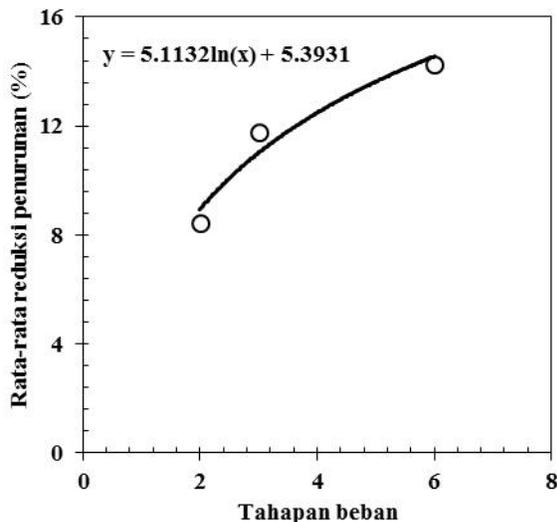


Gambar 8. Rata-rata reduksi penurunan ditinjau dari segi waktu

Hasil analisis rata-rata reduksi penurunan ditinjau dari tahapan beban dapat dilihat pada Gambar 9. Tahapan beban yang semakin banyak memperlihatkan reduksi penurunan yang semakin baik. Hal ini dapat terjadi karena beban yang diberikan semakin kecil. Tahapan beban setiap hari dalam waktu yang lebih lama dapat mengurangi pemampatan tanah dasar, tiang yang lebih panjang dengan sambungan terikat memberikan

penurunan yang lebih kecil dan modulus reaksi tanah dasar yang lebih besar (Waruwu, et al., 2017).

Beban-beban yang lebih kecil memberikan perbedaan penurunan yang kecil antara tiang yang terikat dan tiang yang tidak terikat menggunakan kawat baja. Ketidakstabilan sistem tiang dengan pelat yang tidak terikat dengan kawat baja dapat semakin nyata dan semakin tinggi pada beban-beban yang semakin besar. Tiang yang lebih panjang dapat meningkatkan kekakuan dan stabilitas dari sistem pelat terpaku dalam menerima beban (Waruwu, et al., 2019).



Gambar 9. Rata-rata reduksi penurunan ditinjau dari tahapan beban

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan pada sistem tiang dan pelat yang terikat dengan kawat baja lebih kecil dibandingkan dengan tiang yang tidak terikat dengan pelat. Berdasarkan uji model di laboratorium didapatkan bahwa tiang yang diikat secara monolit dengan pelat menunjukkan kinerja yang baik dalam mereduksi penurunan akibat beban yang bekerja sehingga sistem menjadi lebih stabil dibandingkan dengan tiang yang tidak terikat secara monolit. Reduksi penurunan pada tiang yang terikat dengan yang tidak terikat didapatkan sebesar 11,43% untuk tahapan waktu dan 11,51% untuk tahapan beban.
2. Tiang yang tidak terikat dengan pelat menunjukkan kinerja yang kurang baik dalam hal memikul beban, hal ini terlihat dari penurunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tiang yang terikat dengan kawat baja. Pelat yang terletak bebas di atas tiang tanpa ikatan dapat mengakibatkan konstruksi di

atasnya tidak stabil, mudah mengalami kegagalan, dan tidak tahan lama. Ini disebabkan karena sistem tidak dapat secara bersama-sama dalam menahan beban yang bekerja.

3. Perbedaan kinerja sistem sambungan tiang dengan pelat tidak terlihat secara signifikan pada beban-beban yang lebih kecil dan pada awal-awal pembebanan, namun perbedaan kinerja semakin jelas dan nyata pada penambahan beban yang semakin tinggi dan waktu pembebanan yang semakin lama. Hal ini dapat berdampak jelas pada aplikasi konstruksi di lapangan dengan beban yang lebih besar dan umur konstruksi yang lebih lama.
4. Sistem tiang yang terikat sempurna dengan pelat dapat meningkatkan kekakuan, modulus reaksi tanah, dan kapasitas dukung, sehingga konstruksi lebih stabil dan bertahan lama.

Ucapan Terima Kasih

Bersama ini tim penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan terhadap pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian, baik tim laboratorium maupun pihak Universitas Simalungun yang memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini

Daftar Pustaka

- Diana, W., Hardiyatmo, H. C., & Suhendro, B. (2016). Small-scale Experimental Investigation on the Behaviour of Nailed Slab System in Expansive Soil. Yogyakarta: AIP Publishing.
- Faqih, A. (2015). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit pada Gedung Kantor Dermaga Multipurpose Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 60-69.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2015, November 12). Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lempung Lunak. *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNPTS)*, 7-17.
- Puri, A., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2017). Effects of Vertical Wall Barrier on The Rigid Pavement Deflection of Full Scale 1-Pile Row Nailed-Slab System on Soft Sub Grade. *International Journal of GEOMATE*, 12(32), 25-29.
- Shouman, M., Hendry, Yuswandono, M., & Febriansya, A. (2018). Perancangan Perkuatan Fondasi Tiang Pasca Pelaksanaan Jembatan Kalanggeta, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Bandung: Polban.
- Simanjorang, D. N., Waruwu, A., Susanti, R. D., & Panjaitan, S. R. (2019). Uji Kapasitas Tiang Bambu dan Tiang Beton pada Tanah Gambut. Medan: UISU.

- 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), 152-159.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2016). Studi Eksperimental Pembebanan Pelat yang Diperkuat Tiang pada Tanah Gambut. Yogyakarta: Seminar Nasional Geoteknik HATTI Yogyakarta.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2017). Deflection Behavior of The Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(4), 556-563.
- Waruwu, A., Susanti, R. D., & Debby Endriani, S. H. (2020). Effect of Loading Stage on Peat Compression and Deflection of Bamboo Grid with Concrete Pile. *International Journal of Geomate*, 18(66), 150-155.
- Ye, G.-B., Wang, M., Zhang, Z., Han, J., & Xu, C. (2020). Geosynthetic-reinforced pile-supported embankments with caps in a triangular pattern over soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 48, 52-61.