

PENGARUH TEKANAN KEKANG TERHADAP KAPASITAS DUKUNG SISTEM PELAT TERPAKU DALAM UJI DUA DIMENSI

Evan Febri Miranda¹, Hary Christady Hardiyatmo², dan Teuku Faisal Fathani³

¹⁾ Departemen Teknik Sipil UGM

Jl. Grafika, Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Yogyakarta 55284

email korespondensi: evanfebrimiranda@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem Pelat Terpaku baik digunakan untuk perkerasan yang tanah dasarnya dipengaruhi oleh penurunan tidak seragam, karena interaksi tanah-tiang-pelat membuat pelat lebih kaku, sehingga mengurangi terjadinya beda penurunan permukaan perkerasan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model uji 2 dimensi di laboratorium yang terdiri atas tanah dimodelkan dengan tumpukan silinder aluminium. Uji beban pelat yang digunakan adalah dari bahan *fiberglass* dengan ketebalan bahan yaitu 0,5 cm, panjang pelat (B) yaitu 7,6 cm, 20 cm, 30 cm, dan 40 cm, sedangkan panjang tiang (L) yaitu 10 cm, 15 cm dan 20 cm dimana masing-masing jumlah tiang dalam pengujian ini adalah 1 tiang, 2 tiang, 3 tiang dan 4 tiang dengan jarak antar tiang (s) = 10 cm. Pembebanan dilakukan secara sentris dan tepi yang diberikan secara bertahap sampai dengan beban (Q) = 2 kg (0,0196 kN) sehingga pelat masih bersifat elastis. Hal ini digunakan untuk mengetahui pengaruh tekanan kekang struktur terhadap pemodelan tanah. Uji gesek tiang dilakukan pada panjang tiang 15 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan tiang memberikan pengaruh yang besar dalam mereduksi defleksi pelat dan meningkatkan nilai modulus reaksi tanah dasar (k). Jumlah tiang 4 mampu mereduksi defleksi lebih besar dari jumlah tiang yang lebih sedikit (2 tiang) akibat beban sentris yaitu pada tanah datar sebesar 56 %. Sedangkan pada tanah timbunan sebesar 44 %. Akibat pembebanan tepi, jumlah tiang 4 di tanah datar mampu mereduksi defleksi sebesar 53 % dibandingkan dengan 2 tiang dan pada tanah timbunan mereduksi defleksi sebesar 25 %. Penentuan modulus reaksi tanah dasar dihitung menggunakan rumus usulan Hardiyatmo (2011). Dengan pemasangan tiang pada pelat dapat meningkatkan nilai k . Nilai k' (pelat didukung tiang) nilainya lebih besar dari nilai k (pelat tanpa tiang), hal ini disebabkan karena tahanan gesek tiang memberikan pengaruh yang besar dalam mengurangi defleksi.

Kata kunci : Sistem pelat terpaku, uji beban pelat, modulus reaksi tanah dasar ekuivalen (k'), defleksi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah bisa berfungsi sebagai dasar pendukung suatu bangunan atau sebagai bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Dalam hal ini digunakan Sistem Pelat Terpaku yang didukung oleh tiang-tiang beton mini. Dalam perancangan Sistem Pelat Terpaku dengan metoda AASHTO, dibutuhkan nilai modulus reaksi tanah-dasar akibat pengaruh dukungan tiang. Modulus reaksi tanah dasar ekuivalen (k') didefinisikan sebagai modulus reaksi tanah-dasar yang memperhatikan kontribusi tiang dalam menahan gerakan perpindahan vertikal pelat. Untuk menentukan kenaikan modulus reaksi tanah-dasar akibat tiang (Δk), Hardiyatmo (2011) mengusulkan hubungan penurunan pelat dengan rasio δ/δ_0 , yaitu rasio antara penurunan penurunan pelat dan perpindahan relatif antara tanah dan tiang.

Pengujian skala kecil uji dua dimensi di laboratorium dengan pemodelan Sistem Pelat Terpaku pada tanah pasir dalam hal ini permodelan yang digunakan untuk tanah kepasiran adalah tumpukan silinder aluminium dan akan memberikan kita gambaran bagaimana sebenarnya perilaku tanah pasir dan daya dukung tanah pasir dalam mendukung sistem pelat terpaku tersebut.

Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

- Menentukan pengaruh tekanan kekang (*confining pressure*) terhadap perilaku lendutan pelat.
- Menganalisis berapa besarnya defleksi sistem pelat terpaku yang terjadi pada tanah pasir (silinder aluminium) menggunakan metode uji pemodelan.
- Membandingkan defleksi sistem pelat terpaku dengan variasi panjang pelat dan tinggi tiang pada tanah datar dengan tanah timbunan.
- Mengamati kontribusi tiang dalam menaikkan modulus reaksi *subgrade*

TINJAUAN PUSTAKA

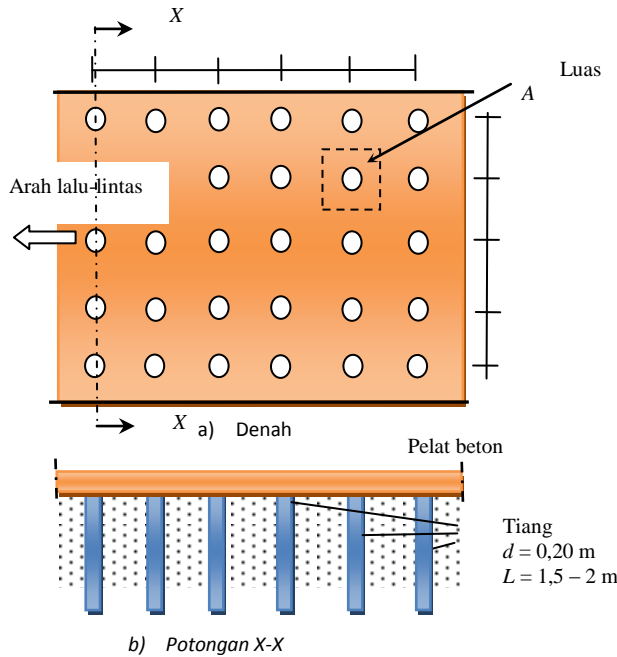
Perancangan Sistem Pelat Terpaku

Perkerasan Sistem Pelat Terpaku (*nailed-slab system*) dipekenalkan oleh Hardiyatmo (2008). Hardiyatmo (2015) dalam perancangan Sistem Pelat Terpaku dengan metoda AASHTO, dibutuhkan nilai modulus reaksi tanah-dasar akibat pengaruh dukungan tiang. Perancangan Sistem Pelat Terpaku dilakukan dengan anggapan bahwa dengan pemasangan tiang-tiang yang mendukung pelat, modulus reaksi tanah dasar efektif bertambah, maka tebal perkerasan yang digunakan menjadi berkurang.

Sistem Pelat Terpaku

Fungsi tiang-tiang dalam sistem pelat terpaku (Hardiyatmo 2015), selain berguna untuk menaikkan daya dukung tanah-dasar, juga menjaga agar pelat

beton tetap dalam kontak yang baik dengan lapis pondasi bawah dan atau tanah-dasar di bawahnya. Sistem pelat terpaku cocok digunakan untuk perkerasan yang tanah dasarnya dipengaruhi penurunan tidak seragam, karena interaksi tanah-tiang-pelat membuat pelat lebih kaku, sehingga mengurangi terjadinya beda penurunan permukaan perkerasan.



Gambar 1. Perkerasan beton dengan Sistem Pelat Terpaku (Hardiyatmo, 2015).

LANDASAN TEORI

Nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar (Subgrade)

Modulus reaksi tanah-dasar ekivalen (k') didefinisikan sebagai modulus reaksi tanah-dasar yang memperhatikan kontribusi tiang dalam menahan gerakan perpindahan vertikal pelat yang dinyatakan oleh persamaan (Hardiyatmo, 2015):

$$k' = k + \Delta k \tag{1}$$

dengan,

k' = modulus reaksi tanah-dasar ekivalen (kN/m^3)

k = modulus reaksi tanah-dasar tanah saja (kN/m^3)

Δk =kenaikan modulus reaksi tanah-dasar akibat pemasangan tiang (kN/m^3).

Koefisien reaksi *subgrade* adalah suatu perbandingan beban perluasan dibagi dengan defleksi atau penurunan rata – rata. Persamaan dasar untuk menghitung nilai koefisien reaksi *subgrade* bila menggunakan pengujian beban pelat (*plate load test*) menurut Hardiyatmo (2015), dalam perancangan perkerasan beton dengan sistem pelat terpaku, diperluakn nilai modulus reaksi tanah dasar, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$k = \frac{p}{\delta} \tag{2}$$

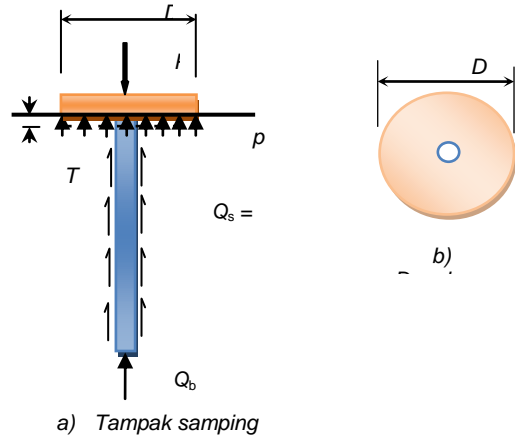
dengan,

p = beban persatuan luas pada pelat (kN/m^2)

δ = penurunan rata-rata pelat (m)

Hardiyatmo (2011) dalam melakukan analisis kenaikan modulus reaksi tanah dasar akibat pengaruh

tiang, meninjau keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada pelat beban bulat yang didukung oleh sebuah tiang, seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Kenaikan modulus reaksi tanah-dasar oleh pengaruh dukungan tiang (Hardiyatmo, 2011).

Modulus Elastisitas Bahan

Nilai modulus elastisitas menunjukkan besarnya nilai elastisitas bahan dari *fiberglass*. Nilai modulus elastisitas (E) dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$E = \frac{Q \times a}{24 \times \delta \times I} (3L^2 - a^2) \tag{7}$$

dengan :

E = modulus elastisitas pelat (kN/m^2)

Q = beban titik (kN)

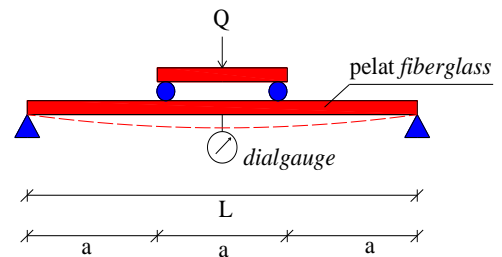
a = panjang pelat (m)

L = panjang keseluruhan pelat (m)

I = momen inersia (m^4)

δ = defleksi pelat (m)

Skema pengukuran lendutan yang dilakukan diperlihatkan pada **Gambar 3**.

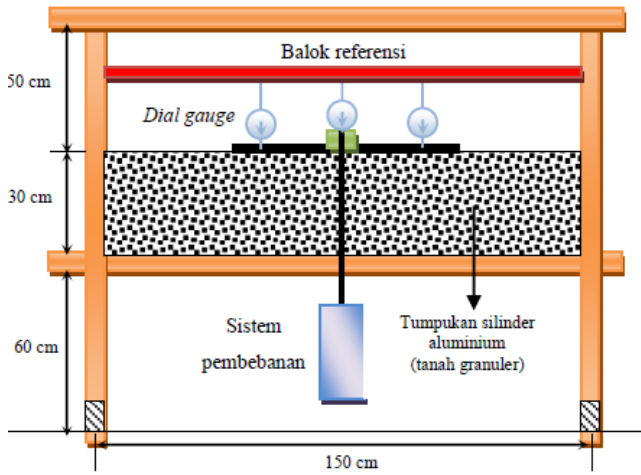


Gambar 3. Skema uji modulus pelat *fiberglass*

METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan Penelitian

Rangka dari kayu 6/12 digunakan sebagai peletakkan material granuler yang berupa tumpukan silinder-silinder aluminium berdiameter antara 2 sampai 5 mm dan detail alat pembebanan dapat dilihat dalam **Gambar 4** berikut.



Gambar 4. Skema alat uji pemodelan 2 dimensi

Dial gauge digunakan untuk mengukur lendutan sistem pelat, dial gauge yang digunakan mempunyai ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian ini dibutuhkan lima buah dial gauge untuk pengujian sistem pelat terpaku yang panjang pelatnya (B) = 40 cm. Sedangkan untuk panjang pelat (B) = 30 cm menggunakan 3 buah dial gauge. Penggunaan dial gauge ditampilkan dalam Gambar 5 berikut.



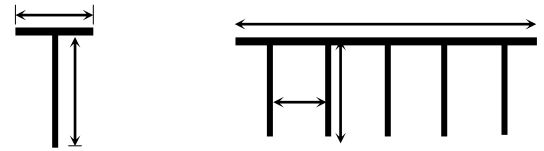
Gambar 5. Dial gauge.

Alat pembebanan (Gambar 6) dibuat dari hollow aluminium berbentuk bujursangkar ukuran 3 cm × 3 cm. Hollow aluminium ini dihubungkan dengan batas berulir yang bisa disetel panjangnya. Beban dilakukan dengan mengisi kotak yang terbuat dari fiberglass dengan air.



Gambar 6. Kotak pembebanan.

Model uji sistem pelat terpaku dibuat dari fiberglass (Gambar 7). Variasi yang digunakan dalam pengujian ini yaitu variasi panjang pelat (B = 7,6 cm, 20 cm, 30 cm, dan 40 cm), variasi jumlah dan tinggi tiang (1, 2, 3 dan 4 tiang) masing-masing tiang tingginya yaitu L = 10 cm, 15 cm dan 20 cm dan variasi pelat uji dengan tambahan koperan (L = 5 cm).



a) Model 1 tiang terpasang pada pelat

b) Model banyak tiang terpasang pada pelat



c) Model banyak tiang terpasang pada pelat dengan tambahan koperan



tanpa koperan

dengan koperan

Gambar 7. Model sistem pelat terpaku dari fiberglass.

Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini tanah dimodelkan melalui tumpukan silinder aluminium berdiameter antara 2 sampai 4 mm dengan panjang 6 cm yang mewakili perilaku tanah pasir. Ada 2 variasi tanah yang digunakan yaitu tanah datar dan tanah timbunan.

Pelat uji dan tiang terbuat dari fiberglass dengan tebal 5 mm dengan variasi 1 tiang, 2 tiang, 3 tiang dan 4 tiang. Setiap tiang tingginya masing-masing 10 cm, 15 cm dan 20 cm. Pada sisi tiang ditempel amplas untuk tahanan gesek antara tiang dengan tanah.

Variasi Pengujian

Bahan dari fiberglass, kemudian dilakukan variasi pengujian (Tabel 1) yaitu ukuran panjang pelat dan tinggi tiang serta variasi pelat ditambah dengan koperan.

Tabel 1. Rekapitulasi variasi pengujian.

No	Panjang Pelat (cm)	Tinggi Tiang (cm)	Tebal Pelat dan Tiang (mm)	Jumlah Tiang	Bentuk Tanah
1	7,6	-	-	-	Tanah Datar
2	20	10	5	1, 2, 3, 4	dan
3	30	15	5	1, 2, 3, 4	
4	40	20	5	1, 2, 3, 4	Tanah Timbunan

Prosedur Pengujian Utama.

Tanah yang berupa batangan silinder aluminium disusun setinggi 30 cm. Penghamparan batangan silinder aluminium dilakukan dengan tebal hamparan sekitar 3 cm. Kemudian dipadatkan dengan alat

pemadat berupa batang kayu ukuran 3 cm × 6 cm × 12 cm.

Letakkan model sistem pelat terpaku (**Gambar 8**) dari *fiberglass* di atas tumpukan silinder tersebut. Penetrasi tiang ke dalam tumpukan silinder aluminium dengan hati-hati supaya tidak merusakkan kepadatannya.



Gambar 8. Sistem pelat dengan 3 tiang.

Letakkan alat pembebanan di atas model sistem pelat terpaku (**Gambar 9**). Kotak pembebanan dikaitkan dengan besi ulir ke alat pembebanan yang dibuat dari hollow aluminium bujursangkar ukuran 3 cm × 3 cm. Kemudian pasang *dial gauge* di atas model sistem pelat terpaku. Setel agar pembacaan *displacement* vertikal mulai dari angka nol.



Gambar 9. Alat dan kotak pembebanan yang terpasang pada model tanah timbunan.

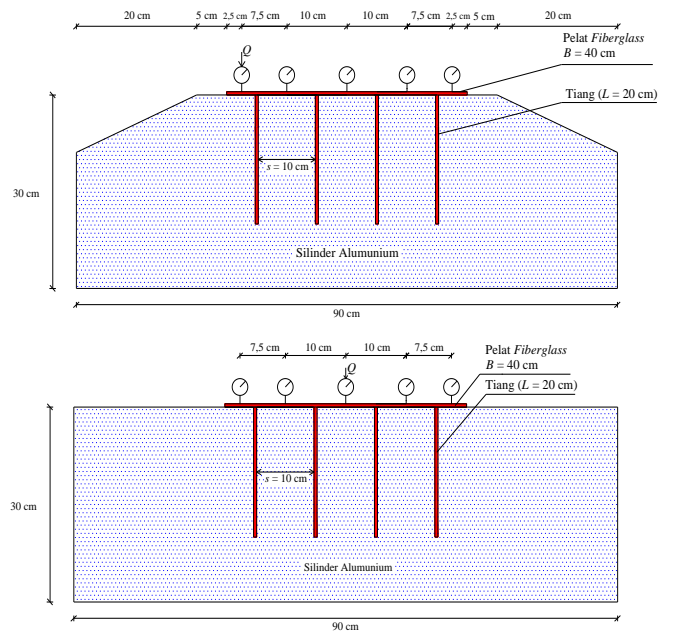
Lakukan pembebanan dengan cara mengisi alat pembebanan dengan air. Kemudian lakukan pencatatan defleksi pelat (**Gambar 10**) pada setiap *dial gauge* yang dipasang.



Gambar 10. Proses penambahan beban setiap 100 gram sampai dengan 2 kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

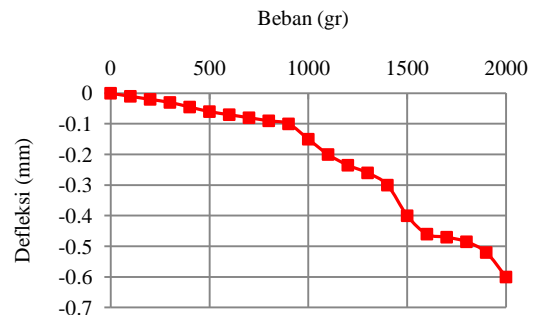
Bentuk tanah yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Potongan melintang bentuk tanah.

Pengujian Pembebanan Sentris Plate Load Test

Plate load test pada penelitian ini menggunakan pelat dengan ukuran 7,6 cm × 6 cm. Pelat ini tidak diberi perkuatan tiang. Pengujian tiang pada *plate load test* menggunakan tiang saja dengan panjang ($L = 15$ cm). Tiang tersebut diberi beban sampai dengan $Q = 0,0196$ kN. Skema pengujian *plate load test* dan hubungan antara beban dengan defleksi dapat dilihat pada **Gambar 12**.

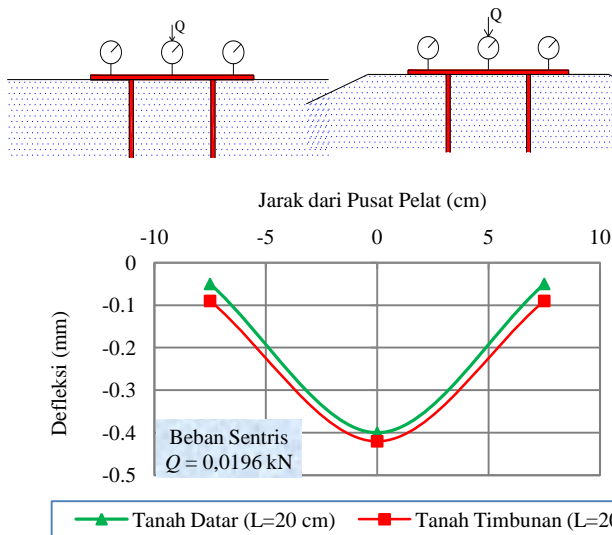


Gambar 12. Hasil uji beban pelat pengujian *plate load test* dengan ukuran pelat 7,6 cm × 6 cm.

1. Pengaruh Pelat dengan 2 Tiang di Tanah Datar dan Tanah Timbunan akibat Beban Sentris

Uji pelat yang diperkuat dengan 2 tiang pada tanah datar dan tanah timbunan digunakan variasi tinggi tiang yaitu 10 cm, 15 cm dan 20 cm. Pada tanah timbunan yang perlu diperhatikan adalah kemiringan tanah tersebut. Kemiringan dari tanah timbunan tersebut yaitu 23,78°.

Ukuran pelat yang digunakan adalah 20 cm × 6 cm × 0,5 cm dan dipasang 3 buah *dial gauge* di titik - 7,5 cm ; 0 cm ; 7,5 cm. Kemudian lakukan pengujian dan mendapatkan nilai defleksi. Perbandingan nilai defleksi pelat uji yang diperkuat 2 tiang ($L = 20$ cm) di tanah datar dan tanah timbunan ditampilkan dalam **Gambar 13**.

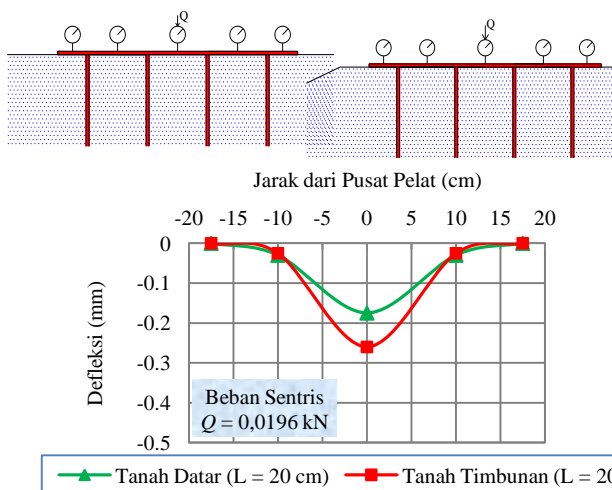


Gambar 13. Hasil uji beban sentris pelat diperkuat 2 tiang ($L=20$ cm) pada tanah datar dan tanah timbunan.

Dari Gambar 10 terlihat bahwa selisih perbandingan defleksi yang terjadi antara model tanah datar dan tanah timbunan tidak begitu besar. Selisih defleksi untuk tinggi tiang ($L = 20$ cm) yaitu berkisar 5%. Hal ini disebabkan karena lebar pelat terhadap tanah timbunan memberikan kontribusi defleksi yang lebih besar akibat kemiringan tanah tersebut. Karena tanah yang miring maka tekanan kekang (*confining pressure*) menjadi rendah.

2. Pengaruh Pelat dengan 4 Tiang di Tanah Datar dan Tanah Timbunan akibat Beban Sentris

Pembebanan sentris yang dilakukan yaitu dengan meletakkan titik pembebanan tepat pada jarak 0,00 cm pusat luasan pelat. dan dipasang 5 buah *dial gauge* di titik -17,5 cm ; -10 cm ; 0 cm ; 10 ; 17,5 cm dari tengah pelat. Panjang pelat yang digunakan pada pengujian ini adalah 40 cm. Pada **Gambar 14** merupakan hasil pengujian pelat pada pembebanan sentris yang diperkuat 4 tiang ($L = 20$ cm) yang dilakukan di tanah datar dan tanah timbunan.

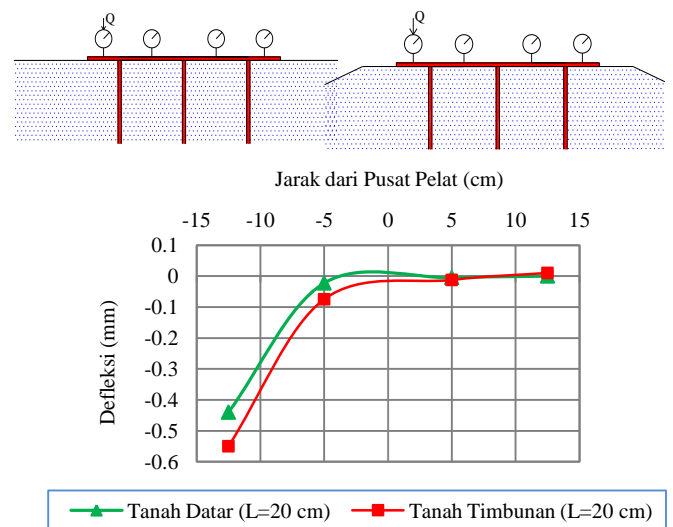


Gambar 14. Hasil uji beban sentris pelat diperkuat 4 tiang ($L=20$ cm) pada tanah datar dan tanah timbunan.

Pengujian pelat yang diperkuat dengan 4 tiang memberikan hasil yang berbeda antara tanah datar dan tanah timbunan. Defleksi yang terjadi lebih besar di tanah timbunan yaitu sekitar 32%. Hal ini karena tanahnya yang miring dan tidak memberikan perkuatan daripada sistem pelat terpaku tersebut.

3. Pengaruh Pelat dengan 3 Tiang di Tanah Datar dan Tanah Timbunan akibat Beban Tepi

Pembebanan tepi yang dilakukan yaitu dengan meletakkan titik pembebanan tepat di tepi pusat luasan pelat. Beban (Q) yang diberikan sampai dengan 0,0196 kN. Ukuran pelat yang digunakan adalah $30 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$ dan dipasang 4 buah *dial gauge* dengan jarak antar *dial gauge* -12,5 cm ; -5 cm ; 0 cm ; 5 cm ; 12,5 cm. Hasil pengukuran defleksi yang terjadi pada uji pelat yang diperkuat 3 tiang ($L = 20$ cm) pembebanan tepi di tanah datar dan tanah timbunan ditunjukkan dalam **Gambar 15**.



Gambar 15. Hasil uji beban tepi pada pelat diperkuat 3 tiang ($L=20$ cm) di tanah datar dan tanah timbunan.

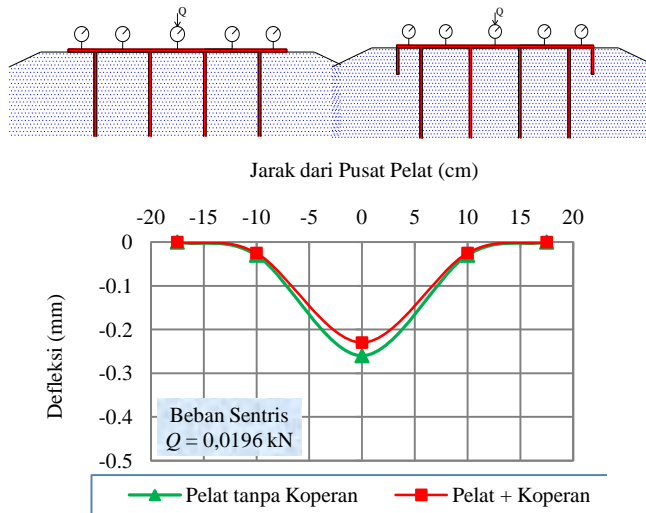
Pembebanan tepi pada pengujian pelat yang diperkuat dengan 3 tiang di tanah timbunan nilai defleksi yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan nilai defleksi pada pembebanan tepi pada uji dengan 3 tiang di tanah datar.

Defleksi yang terjadi pada tiang $L = 20$ cm di tanah timbunan meningkat sebesar 20%. Pengaruh panjang pelat di tanah timbunan membuat ujung pelat yang tidak dibebani akan mengangkat ke atas, hal ini terbukti dari pembacaan *dial gauge* ketika diberi beban di tepi luasan pelat.

4. Pengaruh Tekanan Kekang Terhadap Defleksi untuk Kasus Sistem Pelat Terpaku dengan Koperan

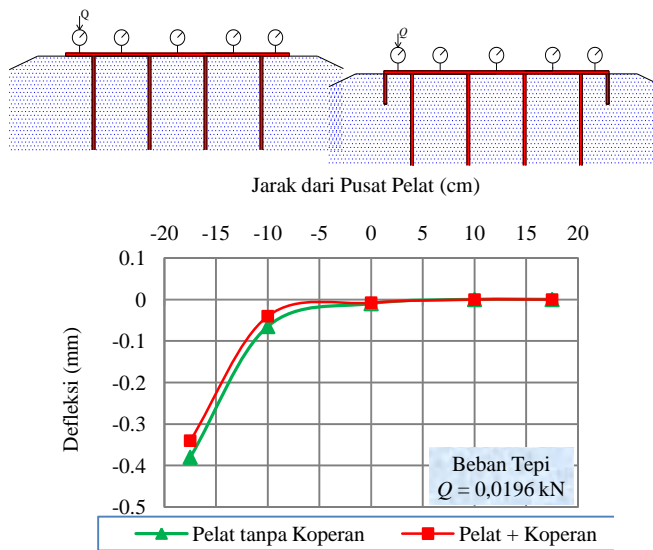
Dengan adanya pengaruh koperan dapat mengurangi defleksi yang terjadi terutama defleksi yang terjadi pada pembebanan sentris. Terjadi reduksi defleksi sebesar 5% ($L = 10$ cm), 8,5% ($L = 15$ cm), 11,5% ($L = 20$ cm). Hasil defleksi pelat + koperan dan

tanpa koperan yang diperkuat 4 tiang ($L = 20$ cm) akibat beban sentris ditunjukkan pada **Gambar 16**.



Gambar 16. Hasil uji beban pelat akibat pengaruh koperan dan tanpa koperan pada beban sentris ($L=20$ cm).

Sedangkan untuk hasil defleksi akibat pengaruh koperan ($L = 20$ cm) pada pembebanan tepi ditunjukkan dalam **Gambar 17**.



Gambar 17. Hasil uji beban pelat akibat pengaruh koperan dan tanpa koperan pada beban tepi ($L=20$ cm).

Dari Gambar 16 dan Gambar 17 menunjukkan bahwa pengaruh koperan akibat pembebanan sentris dapat mereduksi defleksi yang terjadi. Namun defleksi yang terjadi masih lebih besar dari pelat tanpa koperan di tanah datar. Karena struktur sistem pelat terpaku di tanah timbunan tidak ditahan oleh sisi bagian pinggir dari tanah tersebut. Sehingga sistem pelat terpaku ditambah koperan sangat cocok diterapkan di tanah timbunan.

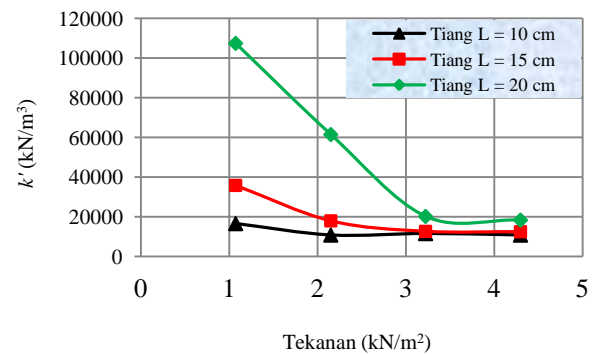
Selain pembebanan sentris pengaruh koperan juga sangat signifikan apabila ada pembebanan dari tepi. Karena sejatinya pengaruh koperan adalah untuk mengurangi defleksi akibat beban yang terjadi di bagian tepi dari sistem pelat terpaku. Dengan adanya pengaruh koperan dapat mengurangi defleksi yang

terjadi terutama defleksi yang terjadi pada pembebanan tepi. Terjadi reduksi defleksi sebesar 10 % ($L = 10$ cm), 8 % ($L = 15$ cm), 10,5 % ($L = 20$ cm).

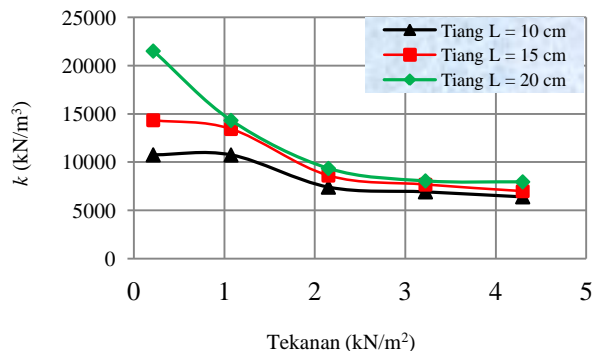
5. Koefisien Reaksi Subgrade Pelat didukung Tiang (k') di Tanah Datar dan di Tanah Timbunan

Besarnya lendutan dan besarnya nilai k' akibat pembebanan sentris dengan penambahan $Q = 0,0196$ kN pada panjang pelat 7,6 cm yang diperkuat 1 tiang. Terlihat bahwa semakin panjang tiang maka membuat struktur pelat terpaku menjadi lebih kaku sehingga lendutan yang terjadi lebih kecil dan nilai k' akan semakin bertambah.

Pada **Gambar 14** dan **Gambar 15** menunjukkan bahwa pemasangan tiang pada pelat dapat meningkatkan nilai k . Nilai k' (pelat didukung tiang) nilainya lebih besar dari nilai k (pelat tanpa tiang), hal ini disebabkan karena tahanan gesek tiang memberikan pengaruh yang besar dalam mengurangi defleksi. Selain mereduksi defleksi, pemasangan tiang akan menahan terangkatnya ujung pelat sehingga tetap menempel pada tanah, karena lekatan tiang dan tanah (Hardiyatmo, 2015).



Gambar 14. Hubungan tekanan dan nilai k' hasil uji beban pelat dengan 1 tiang ($B = 7,6$ cm) di tanah datar.



Gambar 15. Hubungan tekanan dan nilai k' hasil uji beban pelat dengan 1 tiang ($B = 7,6$ cm) pada tanah timbunan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Perilaku defleksi pada pelat dipengaruhi oleh panjang pelat dan tinggi tiang. Pengujian pelat yang diperkuat dengan 4 tiang memberikan hasil yang berbeda antara tanah datar dan tanah timbunan. Defleksi yang terjadi lebih besar di tanah timbunan, karena tanahnya yang miring dan tidak memberikan kekuatan daripada sistem pelat terpaku tersebut dan karena tanah yang miring maka tekanan kekang (*confining pressure*) menjadi rendah.
2. Pengujian beban sentris di tanah datar pada pelat ($B = 20$ cm) yang diperkuat 2 tiang ($L = 10$ cm, 15 cm dan 20 cm) menghasilkan defleksi sebesar 0,48 mm, 0,465 mm dan 0,4 mm akibat beban (Q) = 0,0196 kN. Sedangkan model tanah timbunan pada uji beban yang sama terjadi defleksi sebesar 0,54 mm, 0,49 mm dan 0,42 mm.
3. Jumlah tiang 4 mampu mereduksi defleksi lebih besar dari jumlah tiang yang lebih sedikit (2 tiang) akibat beban sentris yaitu pada tanah datar sebesar 56 %. Sedangkan pada tanah timbunan sebesar 44 %. Akibat pembebanan tepi, jumlah tiang 4 di tanah datar mampu mereduksi defleksi sebesar 53 % dibandingkan dengan 2 tiang dan pada tanah timbunan mereduksi defleksi sebesar 25 %.
4. Tiang mempunyai kontribusi dalam menaikkan nilai (k'), pada dukungan tiang yang lebih panjang mempunyai perlawanan tiang yang lebih besar sehingga penurunan menjadi lebih kecil yang dapat meningkatkan nilai (k).

Saran

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pengujian di laboratorium, disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Sebelum pelaksanaan pengujian dilakukan maka peneliti harus memahami didalam pelaksanaan pengujian kalau perlu dibuat gambar pelaksanaan.
2. Pada saat awal pembebanan dilaksanakan diusahakan alat pembebanan tidak bergerak karena berpengaruh terhadap alat *dial gauge* begitu juga pada saat penambahan beban.
3. Pada saat pemasangan pelat dan pemberian beban perlu diperhatikan adanya rongga antara pelat dengan tanah silinder aluminium dan kepadatan tanah silinder aluminium tersebut (*human error*).

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993, *Guide For Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, D.C.20001.
- Hardiyatmo, H.C., 2008, *Sistem "Pelat Terpaku" (Nailed Slab) Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna dalam Penanganan Saranaprasarana, MPSP JTSL FT UGM., pp. M-1-M-7.
- Hardiyatmo, H. C., 2009, *Metode hitungan Lendutan pelat dengan menggunakan Modulus Reaksi Tanah Dasar Ekuivalen untuk Struktur Pelat Fleksibel*, dinamika teknik sipil, vol. 9, No. 2, pp 149 – 154.
- Hardiyatmo, H. C.,2010, *Mekanika Tanah II*, edisi 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C.,2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, edisi 2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2015, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, edisi 2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.