

Pengaruh Lapisan Penutup Pada Lendutan Pelat yang didukung Tiang dalam Uji Dua Dimensi

Yogha Caniggia¹⁾, Hary Christady Hardiyatmo²⁾, Teuku Faisal Fathani³⁾

¹⁾²⁾³⁾Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika, Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Yogyakarta 55284
E-mail : yoghacaniggia@gmail.com¹⁾, hary.chistady@mail.ugm.ac.id²⁾, teuku.faisal@mail.ugm.ac.id³⁾

ABSTRACT

Subgrade in some areas of Indonesia has a very low soil bearing capacity. To overcome the problem, ground can be covered by subbase with using Nailed-slab System which is supported by mini concrete pillars. Soil material can be modeled in a pile of aluminum cylinders as a covering layer and a bamboo stick as a subgrade. Plates and pillars which are used in Nailed-slab System are made of fiberglass material with the thickness is 0.5 cm. The length of the plate (B) consists of 4 kinds, while the length of the pillar (L) consists of 3 variations. The numbers of pillar variations in this experiment consists of 1 to 4 pillars with the spacing of inter pillar is (s) = 10 cm. The load placement of the Nailed-slab System is done centrally and edge. The results showed that the installation of the pillar had a major effect in reducing the plate deflection and increasing the value of the soil reaction modulus (k). The number of pillars which are set to 4 are capable of reducing the deflection greater than the fewer set number of pillars (2 pillars). The minimum deflection occurring on flat ground due to centric loading can be reduced by 11.73%, while in the embankment land is 9.3%. As a result of edge loading, the number of 4 pillars on flat ground is capable of reducing the minimum deflection up to 9.09% more than 2 pillars. In soil embankment due to reduced deflection edge loading up to 7.91% more than 2 pillars. The comparison of the observed deflection was greater than Beam on Elastic Foundation (BoEF) program calculation results.

Keywords : Nailed-slab System, subgrade reaction modulus (k), deflection, BoEF

ABSTRAK

Tanah dasar di beberapa daerah Indonesia mempunyai kuat dukung tanah yang rendah. Untuk mengatasi hal tersebut maka tanah dasar dapat dihamparkan lapis penutup dan digunakan Sistem Pelat Terpaku yang didukung oleh tiang-tiang beton mini. Material tanah dimodelkan dalam bentuk tumpukan silinder aluminium sebagai lapisan penutup dan lidi bambu sebagai tanah dasar (subgrade). Pelat dan tiang yang digunakan dalam Sistem Pelat Terpaku terbuat dari bahan fiberglass dengan ketebalan bahan yaitu 0,5 cm. Ukuran panjang pelat (B) terdiri dari 4 macam, sedangkan panjang tiang (L) terdiri dari 3 variasi. Variasi jumlah tiang dalam pengujian ini terdiri dari 1 tiang sampai 4 tiang dengan jarak antar tiang (s) = 10 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). Defleksi minimum yang terjadi pada tanah datar akibat pembebanan sentris mampu tereduksi sebesar 11,73%, sedangkan pada tanah timbunan sebesar 9,3%. Akibat pembebanan tepi, jumlah 4 tiang di tanah datar mampu mereduksi defleksi minimum sebesar 9,09% dibandingkan dengan 2 tiang. Pada tanah timbunan akibat pembebanan tepi defleksi tereduksi sebesar 7,91% dibandingkan dengan 2 tiang. Perbandingan defleksi hasil pengamatan yang dilakukan lebih besar dibandingkan dengan defleksi hasil analisis perhitungan program BoEF (Beam on Elastic Foundation).

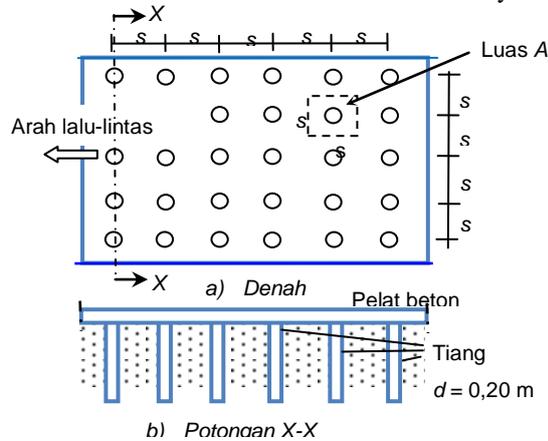
Kata kunci : Sistem Pelat Terpaku, modulus reaksi tanah dasar (k), defleksi, BoEF

1. Pendahuluan

Tanah dasar yang tersebar di Indonesia mempunyai kuat dukung tanah rendah, sehingga kondisi ini sering menimbulkan masalah. Bila suatu konstruksi jalan dibangun di atasnya maka akan terjadinya penurunan stabilitas konstruksi jalan. 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 tanahdasar ekuivalen (k') didefinisikan sebagai modulus reaksi tanah-dasar yang memperhatikan kontribusi tiang dalam menahan gerakan perpindahan vertikal pelat.

Perkerasan Sistem Pelat Terpaku (*nailed-slab system*) dipekenalkan oleh Hardiyatmo (2008). Hardiyatmo (2015) dalam perancangan Sistem Pelat Terpaku dengan metoda AASHTO (1993), 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.

Menurut Hardiyatmo (2015) Sistem Pelat Terpaku adalah suatu perkerasan beton bertulang (tebal antara 12–20 cm) yang didukung oleh tiang beton mini (panjang 150–200 cm dan diameter 15–20 cm) (Gambar 1). Interaksi antara pelat beton-tiang-tanah di sekitarnya menciptakan suatu perkerasan yang lebih kaku, yang lebih tahan terhadap deformasi tanahdasar. 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.



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

Lapis penutup, umumnya berupa material granuler yang murah, dan dengan spesifikasi yang lebih rendah dari lapis pondasi bawah. Material lapis penutup adalah material yang mempunyai CBR $\geq 15\%$, misalnya batuan, kerikil hasil galian didekat proyek, atau material daur

ulang yang murah (Rogers, 2008 dalam hardiyatmo, 2015). Penentuan tebal lapis pondasi bawah dan lapis penutup dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut (DoT, 1994 dalam hardiyatmo, 2015) :

- 1.) Lapis pondasi bawah tidak di perlukan, bila tanah dasar merupakan batuan keras atau material granuler yang mempunyai CBR 30%, dengan kedudukan muka air tanah tidak tinggi
- 2.) Jika tanah-dasar mempunyai CBR antara 2,5 sampai 15%, maka digunakan lapis penutup plus lapis pondasi bawah yang tebalnya 15 cm.

A. Nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar (Subgrade)

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

$$k' = k + \Delta k(1)$$

dengan,

k' = modulus reaksitanah-dasar ekuivalen (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:

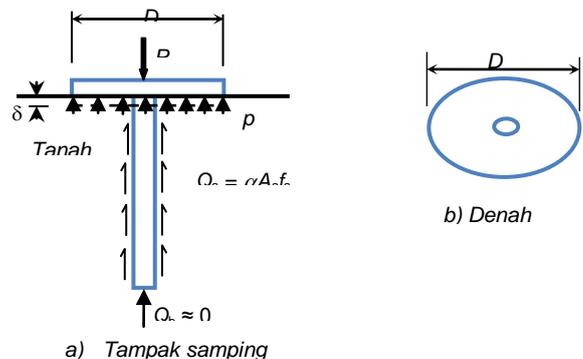
$$k = \frac{P}{\delta} \tag{2}$$

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).

Nilai Δk juga dapat diperoleh dari persamaan yang diusulkan oleh Hardiyatmo (2008) yaitu

$$\Delta k = \frac{\lambda}{m - \lambda} k \quad (3)$$

$$m = \frac{A \times q}{A_s \times f_s} \quad (4)$$

$$\frac{\delta}{\delta_o} = \frac{k}{\Delta k \times m} \quad (5)$$

$$\lambda = m \times \frac{\Delta k}{k} \quad (6)$$

dengan:

k = modulus reaksi *subgrade* dari uji beban pelat tanpa tiang (kN/m^3)

f_s = tahanan gesek tiang (kN/m^2)

A = luas area pelat yang didukung 1 tiang (m^2)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

λ = faktor perpindahan tiang

B. Analisis Sistem Pelat Terpaku dengan BoEF

Dalam metode *BoEF* untuk menghitung lendutan, pelat dipandang sebagai balok yang mempunyai faktor kekakuan tertentu yang terletak di atas fondasi elastik. Asumsi ini pertama kali dikembangkan oleh Winkler tahun 1867 (Hetenyi, 1974). Untuk setiap analisis tersebut perlu diketahui nilai fleksibilitas balok di atas tanah (λ) karena sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya lendutan pelat yang terjadi. Analisis yang akan diamati yaitu uji beban pelat yang didukung tiang akibat pembebanan sentris pada tanah datar dan tanah timbunan.

C. Pengujian Ekperimental 2 Dimensi

Tanah yang berupa tumpukan lidi bambu disusun setinggi 28,5 cm. Penghamparan lidi bambu dilakukan dengan tebal hamparan sekitar 3 cm. Kemudian dipadatkan dengan alat pemadat yang berupa batang kayu ukuran 3 cm x 6 cm x 12 cm. Penambahan lapisan penutup berupa tumpukan silinder aluminium setinggi 1,5 cm. Model sistem pelat terpaku dari *fiberglass*, diletakkan di atas tumpukan silinder tersebut. Tiang *fiberglass* dipenetrasikan ke dalam tumpukan silinder aluminium dan lidi bambu dengan hati-hati supaya tidak merusak kepadatannya. Pembebanan dilakukan dengan cara mengisi alat pembebanan dengan air secara bertahap. Pelat yang diberikan pembebanan tersebut akan mengalami defleksi dan dilakukan pencatatan berapa besaran nilai defleksi yang dapat dilihat pada *dial gauge*. Bentuk pengujian 2 dimensi Sistem Pelat Terpaku dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, sedangkan variasi pengujian dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Variasi Pengujian

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



Gambar 3. Pengujian 2 dimensi model Sitem Pelat terpaku pada kondisi tanah datar

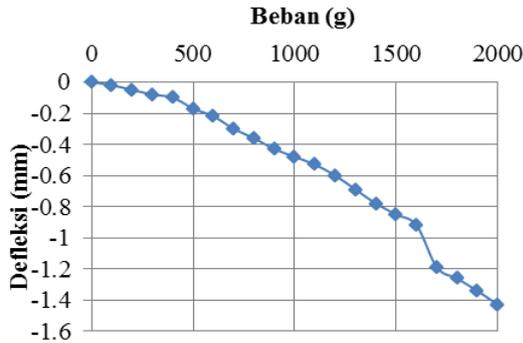


Gambar 4. Pengujian 2 dimensi model Sitem Pelat terpaku pada kondisi timbunan

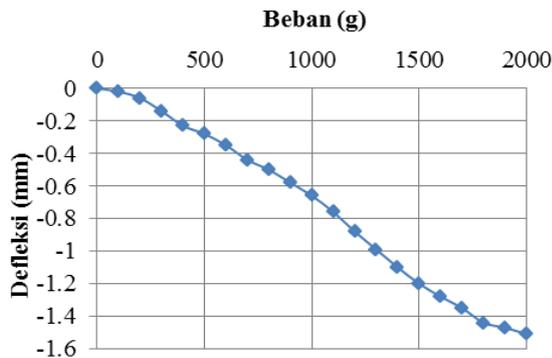
2. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian Pembebanan Sentris Plate Load Test

Plate load test pada penelitian ini menggunakan pelat dengan ukuran 7,6 cm x 6 cm. Pengujian tiang pada *plate load test* menggunakan tiang saja dengan panjang ($L = 15$ cm). Tiang tersebut diberi beban sampai dengan $Q = 0,0196$ kN. Hasil pengujian *plate load test* ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hasil uji beban pelat pengujian plate load test dengan ukuran pelat 7,6 cm x 6 cm pada tanah datar.

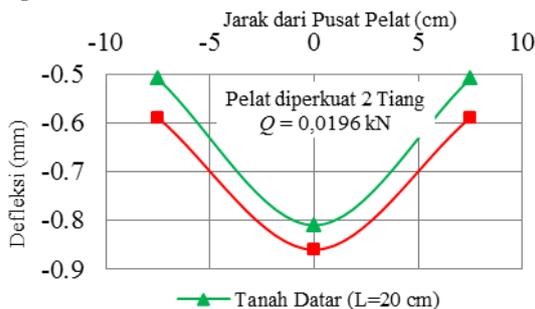


Gambar 6. Hasil uji beban pelat pengujian plate load test dengan ukuran pelat 7,6 cm x 6 cm pada tanah timbunan.

C. 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 23,24°.

Ukuran pelat yang digunakan adalah 20 cm x 6 cm x 0,5 cm dan dipasang 3 buah dialgaugedi titik -7,5 cm ; 0 cm ; 7,5 cm. Nilai defleksi pelat ujiyang diperkuat 2 tiang (L = 20 cm) di tanah datar dan tanah timbunan ditampilkan dalam Gambar 7.



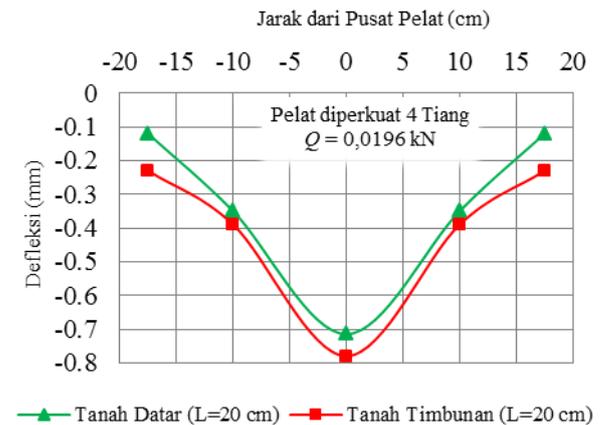
Gambar 7. Hasil uji beban sentris pelat diperkuat 2 tiang pada tanah datar dan tanah timbunan.

Dari Gambar 7 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 5,81%.

D. 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 dialgaugedi 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 11 merupakan hubungan antara jarak dari pusat pelat dengan defleksi pada pembebanan sentris yang diperkuat 4 tiang (L = 20 cm) yang dilakukan di tanah datar dan tanah timbunan.



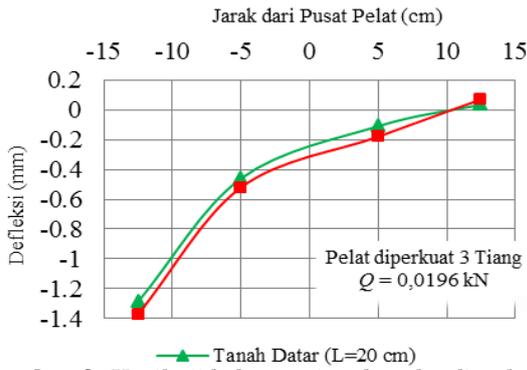
Gambar 8. Hasil uji beban sentris pelat diperkuat 4 tiang pada tanah datar dan tanah timbunan.

Pengujian pelat yang diperkuat dengan 4 tiang memberikan hasil yang berbeda antara tanah datar dan tanah timbunan (gambar 8). Defleksi yang terjadi lebih besar di tanah timbunan yaitu sekitar 8,33 %. Hal ini karena tanahnya yang miring dan tidak memberikan kekuatan daripada sistem pelat terpaku tersebut.

E. 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 cm x 6 cm x 0,5 cm dan dipasang 4 buah dialgaugedengan 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 9.

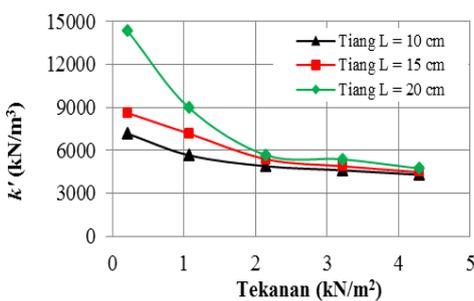


Gambar 9. Hasil uji beban tepi pada pelat diperkuat 3 tiang di tanah datar dan tanah timbunan.

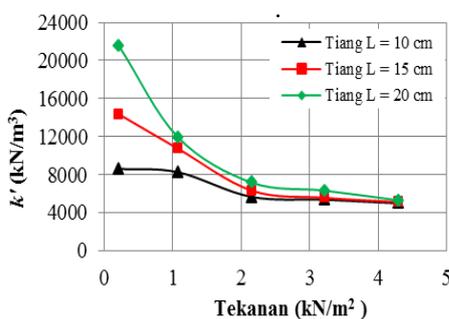
Nilai defleksi pada pembebanan tepi uji pelat yang diperkuat dengan 3 tiang ($L = 20 \text{ cm}$) di tanah timbunan meningkat sebesar 6,2 %. Pengaruh panjang pelat di tanah timbunan membuat ujung pelat yang tidak dibebani akan mengangkat ke atas, hal ini terbukti dari pembacaan *dial gauge* ketika diberi beban di tepi luasan pelat.

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

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 10 dan Gambar 11 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 10. Hubungan tekanan dan nilai k' hasil uji beban pelat dengan 1 tiang ($B = 7,6 \text{ cm}$) di tanah datar



Gambar 11. Hubungan tekanan dan nilai k' hasil uji beban pelat dengan 1 tiang ($B = 7,6 \text{ cm}$) pada tanah timbunan.

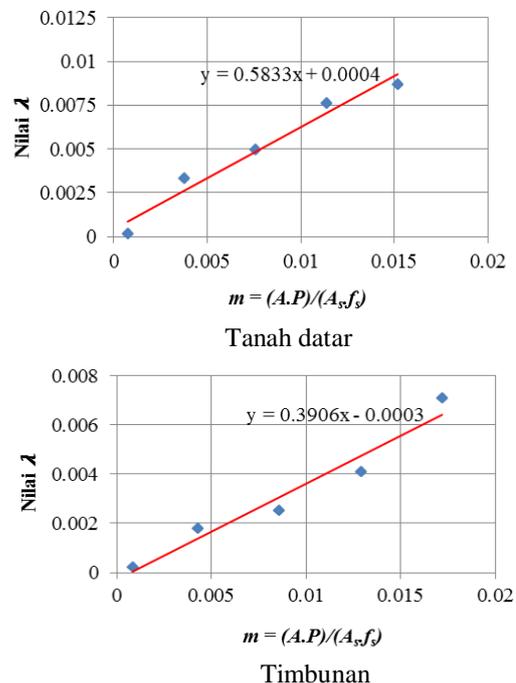
G. Perhitungan Δk_{uji} , Δk_{hit} , δ/δ_o dan λ dari Hasil Uji

Beban Pelat di Tanah Datar

Untuk menghitung nilai δ/δ_o menggunakan persamaan (5), dengan memasukkan nilai k, k' dan Δk . Nilai m dihitung menggunakan persamaan (4) dan nilai λ

dihitung menggunakan persamaan (6). Kemudian dibuat diagram hubungan antara $m - \lambda$ untuk menghitung λ_{hit} .

Data tiang yang digunakan yaitu panjang tiang ($L = 15 \text{ cm}$), lebar tiang = 0,5 mm, luas selimut tiang (A_s) = $9,75 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, luas pelat (A) = $4,56 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ dan tahanan gesek (f_s) = $116,92 \text{ kN/m}^2$. Nilai $\square k_{uji}$ adalah hasil uji beban pelat ukuran $7,6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ yaitu k' (pelat didukung tiang) dikurangi nilai k (pelat tanpa tiang). Nilai hasil perhitungan selanjutnya ditampilkan di Gambar 12.

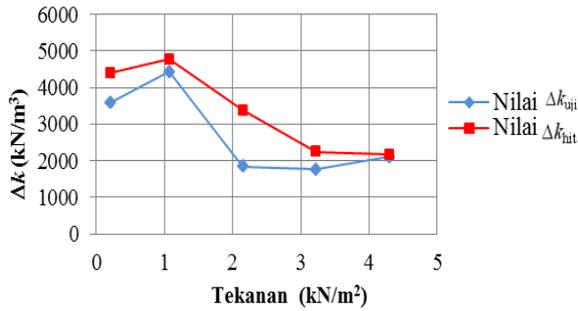


Gambar 12. Hubungan m dan λ untuk pelat yang didukung tiang pada tanah datar dan timbunan.

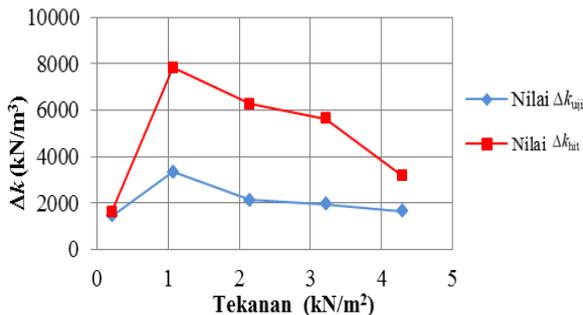
Dalam menghitung nilai Δk_{hit} digunakan rumus usulan Hardiyatmo (2011) yaitu persamaan (3) sedangkan untuk nilai λ dari grafik pada Gambar 17.

Pelat yang dipakai dalam menghitung nilai Δk_{hit} adalah pelat ukuran $7,6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ didukung dan tanpa didukung tiang tunggal. Hasil hitungan menggunakan rumus usulan Hardiyatmo didapatkan kenaikan nilai k (Δk_{hit}). Nilai Δk_{uji} dan Δk_{hit} digunakan untuk menghitung besarnya nilai k' (pelat didukung tiang). Perbandingan

besarnya nilai Δk_{uji} dan Δk_{hit} ditampilkan dalam Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Perbandingan nilai Δk_{uji} dan Δk_{hit} pada tanah datar dan timbunan.



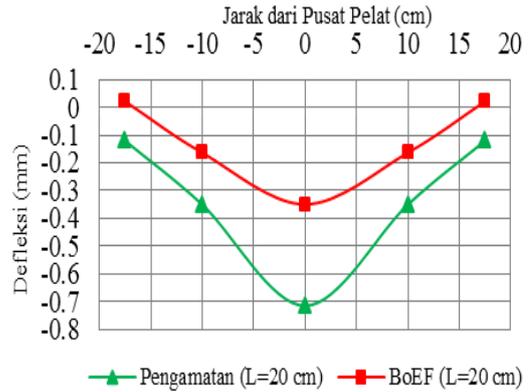
Gambar 14. Perbandingan nilai Δk_{uji} dan Δk_{hit} pada tanah datar dan timbunan.

Gambar 14 memperlihatkan bahwa selisih nilai antara Δk_{uji} (hasil uji beban pelat) dan Δk_{hit} (hasil hitungan) memberikan selisih nilai yang tidak begitu besar. Hal ini menunjukkan bahwa rumus usulan Hardiyatmo (2011) dapat digunakan dalam menentukan nilai k' dan Δk .

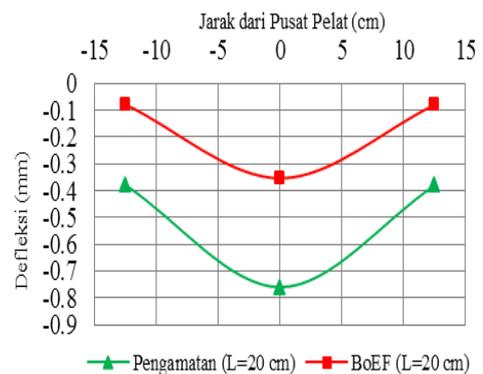
H. Analisis Defleksi Uji Beban Pelat yang Didukung Tiang dengan Metode Beam on Elastic Foundation (BoEF)

Perbandingan grafik lendutan pelat dari pengamatan dan lendutan pelat menggunakan hitungan metode BoEF menghasilkan perilaku lendutan pelat yang berbeda. Untuk perhitungan lendutan menggunakan metode BoEF dilakukan menggunakan bantuan program BoEF dengan tinjauan pelat terhingga (finite plate). Analisis yang akan diamati yaitu uji beban pelat yang didukung tiang akibat pembebanan sentris pada tanah datar dan tanah timbunan.

Besarnya defleksi pelat pada tanah datar dan tanah timbunan yang diperkuat dengan 4 tiang ($L = 20$ cm) hasil pengamatan dan hasil program BoEF ditampilkan dalam Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Hubungan jarak pusat pelat terhadap defleksi berdasarkan hasil pengamatan dan program BoEF pada pelat diperkuat 3 tiang.



Gambar 16. Hubungan jarak pusat pelat terhadap defleksi berdasarkan hasil pengamatan dan program BoEF pada pelat diperkuat 4 tiang.

Pada Gambar 19 dapat dilihat perilaku defleksi pelat yang diperkuat 4 tiang ($40 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$) antara pengamatan dengan hitungan metode BoEF dengan panjang tiang ($L = 20$ cm, jarak tiang ($s = 10$ cm). Dari Gambar 19 terlihat bahwa alur kurva dari grafik hasil hitungan lendutan dengan menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen (k') cukup mendekati hasil pengamatan.

Defleksi uji beban pelat yang diperkuat dengan tiang antara hasil pengamatan dengan hasil hitungan program BoEF menunjukkan bahwa defleksi hasil pengamatan yang dilakukan lebih besar daripada defleksi hasil hitungan program BoEF. Pada Gambar 19 dapat dilihat bahwa nilai terbesar defleksi terletak pada pusat beban yang berada di tengah bentang. Nilai defleksi akan semakin kecil seiring meninggalkan pusat beban.

Selisih antara defleksi pelat diperkuat 4 tiang ($L = 20$ cm) dari pengamatan dan hasil dari hitungan program BoEF di tanah timbunan berkisar antara 53,55%. Sedangkan selisih nilai defleksi pelat diperkuat 4 tiang ($L = 20$ cm) dari pengamatan dan nilai defleksi hasil dari hitungan program BoEF di tanah datar berkisar antara 51,19%.

3. Kesimpulan

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

1. 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 0,87 mm, 0,84 mm dan 0,81 mm akibat beban (Q) = 0,0196 kN. Sedangkan model tanah timbunan pada uji beban yang sama terjadi defleksi sebesar 0,91 mm, 0,88 mm dan 0,86 mm. Sama halnya dengan pengujian 3 tiang dan 4 tiang dimana nilai defleksi lebih besar di tanah timbunan baik itu akibat beban sentris atau beban tepi.
2. Jumlah tiang 4 mampu mereduksi defleksi lebih besar dari jumlah tiang yang lebih sedikit (2 tiang) akibat beban sentris yaitu pada tanah datar sebesar 11,728%, sedangkan pada tanah timbunan sebesar 9,302 %. Akibat pembebanan tepi, jumlah tiang 4 di tanah datar mampu mereduksi defleksi sebesar 9,09% dibandingkan dengan 2 tiang dan pada tanah timbunan mereduksi defleksi sebesar 7,914%. 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'). Nilai (k') di tanah datar meningkat sebesar 5,814 % dan di tanah timbunan sebesar 8,99 %.
3. Parameter yang digunakan dalam analisis program *BoEF* meliputi nilai modulus elastisitas (E) bahan, nilai koefisien reaksi *subgrade* (k'), titik pembebanan dan panjang pelat pada hasil pengujian 2 dimensi Sistem Pelat Terpaku. Hasil analisis perhitungan program *BoEF* menghasilkan bahwa nilai defleksi yang terjadi pelat lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengamatan. Pengaruh dukungan tiang mengakibatkan defleksi pelat menjadi lebih kecil hingga hampir mendekati hasil pengamatan. Selisih nilai defleksi pengujian pelat diperkuat 1 tiang – 4 tiang hasil pengamatan dengan program *BoEF* di tanah datar yaitu antara 1,46% - 51,19%. Sedangkan selisih di tanah timbunan berada antara 1,52% - 51,03%.

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 alumunium dan kepadatan tanah silinder alumunium tersebut (*human error*).

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *Guide For Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, D.C.20001.
- Bowles, J. E., 1997, *Analisis dan Desain Pondasi*, edisi 2, Erlangga, Jakarta.
- 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., 2015, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, edisi 2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Metode Hitungan Lendutan, Momen dan Gaya Lintang Sistem Cakar Ayam Untuk Perancangan Perkerasan Jalan Beton*, *dinamika Teknik Sipil*, vol. 10, No. 1, pp 27-33.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Mekanika Tanah I*, edisi 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Mekanika Tanah II*, edisi 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- 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.
- Hartono, E., 2013, *Uji Beban dan Analisis Lendutan Model Pelat Fleksibel yang Didukung Tiang-Tiang pada Tanah Pasir*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 16, No. 1, pp 65-75, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Hetenyi, M., 1974, *Beam on Elastic Foundation*, An Arbor: The University of Michigan Press, Michigan.
- Pujiastuti, H., 2001, *Uji Beban Pelat Fleksibel Pada Tanah Lempung yang diperkuat dengan pemasangan Tiang-Tiang*, Tesis, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Puri, A., 2013 *Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat terpaku Model Skala Penuh dan Komparasi dengan uji Pembebanan*, *Annua Civil Engineering Seminar*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.