


## Turnitin Originality Report

Analisis Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal menggunakan Tiang Pipa Baja pada Tanah Lunak by Anas Puri 

From artikel (Dosen)

- Processed on 16-Jan-2020 16:12 +08
- ID: 1242564492
- Word Count: 4162

## Similarity Index

31%

## Similarity by Source

## Internet Sources:

30%

## Publications:

14%

## Student Papers:

16%

**sources:**

1

7% match (Internet from 10-Jan-2020)

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/19098/0>

2

6% match (Internet from 11-Jun-2017)

<http://sipil.ft.uns.ac.id/konteks7/prosiding/274G.pdf>

3

3% match (Internet from 18-Dec-2019)

<https://www.scribd.com/document/358703234/Prosiding-Knpts-2015-Anas-Puri>

4

1% match (Internet from 12-Dec-2019)

[http://tsipil.ugm.ac.id/wp-content/uploads/2018/08/Buku-Profile-Dosen-DTSL\\_2018.pdf](http://tsipil.ugm.ac.id/wp-content/uploads/2018/08/Buku-Profile-Dosen-DTSL_2018.pdf)

5

1% match (publications)

[Aazokhi Waruwu, Hary Christady Hardiyatmo, Ahmad Rifa'i. "The Performance of the Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil", International Review of Civil Engineering \(IRECE\), 2019](#)

6

1% match (publications)

["Proceedings of the Second International Conference on the Future of ASEAN \(ICoFA\) 2017 – Volume 2", Springer Nature, 2018](#)

7

1% match ()

<http://eprints.unsri.ac.id/6375/>

8

1% match (Internet from 30-Jul-2019)

<http://journal.uir.ac.id/index.php/saintis/article/view/1761>

- 
- 9 1% match (student papers from 04-Mar-2019)  
[Submitted to Universitas Islam Riau on 2019-03-04](#)
- 
- 10 1% match (Internet from 15-Mar-2019)  
<http://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=1451-41171704556W>
- 
- 11 1% match (Internet from 24-Mar-2016)  
[http://www.ijens.org/Vol\\_14\\_I\\_06/147506-2323-IJCEE-IJENS.pdf](http://www.ijens.org/Vol_14_I_06/147506-2323-IJCEE-IJENS.pdf)
- 
- 12 1% match (Internet from 08-Jul-2019)  
<http://www.geomatejournal.com/sites/default/files/articles/181-188-65815-Anas-July-2019-59g.pdf>
- 
- 13 1% match (Internet from 29-Jul-2019)  
<http://www.ijtech.eng.ui.ac.id/old/index.php/journal/article/view/1688>
- 
- 14 1% match (Internet from 20-Jul-2019)  
<http://www.geomatejournal.com/sites/default/files/articles/25-29-6577-Anas-April-2017-32-g1.pdf>
- 
- 15 < 1% match (Internet from 05-Dec-2019)  
<http://koleksidatajurnal.blogspot.com/2018/04/contoh-inverter-motor-pompa-pada-pdam.html>
- 
- 16 < 1% match (Internet from 26-Oct-2018)  
<https://vdocuments.site/perkuatan-pelat-lantai-jurnal.html>
- 
- 17 < 1% match (student papers from 26-Oct-2014)  
[Submitted to University of California, Los Angeles on 2014-10-26](#)
- 
- 18 < 1% match (Internet from 27-Jan-2018)  
<http://uad.portalgaruda.org/index.php?id=537636&mod=profile&ref=author>
- 
- 19 < 1% match (Internet from 08-Oct-2018)  
<http://firdamustikawati.blogspot.com/2010/>
- 
- 20 < 1% match (Internet from 06-Jan-2010)  
[http://www.uksmaratonsekowa.netstrefa.pl/teksty/kom\\_26\\_08\\_06.pdf](http://www.uksmaratonsekowa.netstrefa.pl/teksty/kom_26_08_06.pdf)
- 
- 21 < 1% match (Internet from 06-Jan-2020)  
<https://www.scribd.com/document/8314144/Cdk-098-Adis-Dan-Kulit>
- 
- 22 < 1% match (student papers from 21-Aug-2019)  
[Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium on 2019-08-21](#)

23

&lt; 1% match (Internet from 31-Jul-2019)

<https://es.scribd.com/document/347922234/Prosiding-29-Bandung-Jilid-2-web-pdf>

24

&lt; 1% match (Internet from 11-Jan-2020)

<https://ojs.unimal.ac.id/index.php/acta-aquatica/article/download/1666/1035>

25

&lt; 1% match (student papers from 03-May-2018)

[Submitted to Universitas Islam Riau on 2018-05-03](#)**paper text:**

doi: mkts.v25i2.19098

**1 Analisis Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal menggunakan Tiang Pipa Baja pada Tanah Lunak Anas Puri Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau,**

Pekanbaru anaspuri@eng.uir.ac.id Received: 26 Mei 2018 Revised: 27 November 2019 Accepted: 3 Desember 2019

**1 Abstract All of the full-scale tests and numerical analysis of Nailed-slab System from previous researchers used massive reinforced concrete piles. This research will study the possibility of steel pipe pile as a replacement of massive reinforced concrete piles if there are available enough steel pipe piles. This research is aimed to study the behavior of single steel pipe pile Nailed-slab System on soft clay and the influence of pile length due to slab deflection and soil stresses. It was used the data from Puri (2015a) for a single massive reinforced concrete pile Nailed-slab. This massive reinforced concrete pile was replaced by a single steel pipe pile with similar and varied diameter which analyzed by the 2D finite element method. Results show that the steel pipe pile can be used as a “nail” at the Nailed-slab pavement system but by a larger dimension compared to the massive reinforced concrete pile. The maximum effective shear stress in soil did not reach undrained shear strength under a standard wheel load 40 kN. Generally, the soil was not failure. Keywords: Soft clay, nailed-slab system, steel pipe pile, rigid pavement**

Abstrak Seluruh uji skala penuh dan analisis numerik sistem pelat terpaku dari berbagai peneliti terdahulu menggunakan tiang masif beton bertulang. Melalui penelitian ini akan dikaji kemungkinan penggunaan pipa baja sebagai pengganti tiang beton bertulang masif di lapangan, bilamana tersedia tiang pipa dengan jumlah cukup. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku

**1 sistem pelat terpaku tiang tunggal yang menggunakan tiang pipa baja pada tanah lempung lunak.**

Selain itu, ditinjau pula pengaruh dimensi tiang pipa terhadap perilaku lendutan dan tegangan tanah. Digunakan data penelitian Puri (2015a) untuk sistem pelat terpaku dengan tiang beton masif. Tiang beton tersebut diganti dengan tiang pipa baja berdiamater sama dan bervariasi yang dianalisis menggunakan elemen hingga 2D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiang pipa baja dapat digunakan sebagai paku pada

**3 perkerasan sistem pelat terpaku, namun dengan dimensi yang lebih besar dibanding tiang**

beton masif. Tegangan geser efektif maksimum bekerja pada tanah tidak melampaui kuat geser undrained tanah di bawah beban roda standar 40 kN. Secara umum tanah tidak mengalami keruntuhan. Kata kunci: Lempung lunak, sistem pelat terpaku, tiang pipa baja, perkerasan kaku. Pendahuluan Sistem pelat terpaku dikembangkan dengan mengganti cakar berbentuk silinder sistem cakar ayam (Hardiyatmo, 2008). Cakar tersebut diganti dengan tiang pancang beton berukuran mikro. Tiang pancang yang digunakan merupakan tiang friksi dimana kapasitas dukung tiang hanya mengandalkan tahanan gesek oleh karena berada pada tanah lunak. Studi tentang sistem pelat terpaku

**3 masih terbatas pada eksperimental model di laboratorium dan uji skala penuh.**

Beberapa pengujian skala kecil sistem pelat terpaku pada lempung lunak telah dilakukan oleh Puri, et.al (2011a), serta uji skala penuh (skala 1:1) telah dilakukan pula seperti oleh Nasibu (2009) dan Dewi (2009) untuk pelat terpaku tiang tunggal pada lempung kaku, sedang Puri (2015a, 2015b) pada lempung lunak. Puri (2015a, 2015b) juga melakukan

**3 uji Pelat Terpaku skala penuh dengan tiga baris dan satu baris tiang**

pada lempung lunak dengan pembebanan tekan. Puri et al. (2015a) juga melakukan uji

**3 pelat terpaku skala penuh satu baris tiang pada lempung lunak dengan pembebanan cabut, serta**

Puri (2016) melakukan analisis numerik untuk kasus tersebut. Uji skala penuh akibat beban horizontal pada lempung lunak telah dilakukan Puri (2019). Uji model pada lempung ekspansif telah dilakukan oleh Taa (2010) dan Diana et al. (2016, 2017), serta pada gambut oleh Waruwu et al. (2017). Selain itu, juga telah dilakukan studi analisis (Hardiyatmo, 2008, 2009, dan 2011), dan analisis numerik menggunakan pendekatan Beam on Elastic Foundation (Hardiyatmo, 2011);

**2 Puri et al. 2011b; 2012a; 2012b; 2013a; 2013b;**

2013c; 2015a; 2015b; Puri, 2017) serta analisis metode elemen hingga sistem pelat terpaku tiang tunggal (Dewi, 2009), dan model skala kecil pelat terpaku dengan tiga dan satu baris tiang (Puri et al. 2013a; Somantri, 2013), serta model skala penuh pelat terpaku dengan tiga baris tiang (Puri, 2015a; Puri et al. 2013d, 2014) dan 1 baris tiang (Puri, 2015a, 2015b; 2015c ;Puri et al. 2017, 2019a, 2019b). Seluruh uji skala penuh dan analisis numerik sistem pelat terpaku tersebut menggunakan tiang masif beton bertulang. Selanjutnya melalui penelitian ini akan dikaji untuk tiang berbentuk pipa baja. Hal ini mempertimbangkan kemungkinan penggunaan pipa baja sebagai pengganti tiang beton bertulang masif di lapangan, bilamana tersedia tiang pipa dengan jumlah cukup.

### **7 Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku sistem pelat terpaku**

yang menggunakan tiang pipa baja. Pada penelitian ini ditinjau sistem pelat terpaku tiang tunggal pada tanah lempung lunak. Selain itu, ditinjau pula pengaruh dimensi tiang pipa terhadap perilaku lendutan dan tegangan tanah. Metode Penelitian ini menganalisis dengan metode elemen hingga berdasarkan model fisik yang telah dilakukan (data sekunder). Penelitian ini menggunakan data hasil

### **15 uji skala penuh sistem pelat terpaku pada lempung lunak**

(Puri, 2015a) khusus untuk Pelat Terpaku tiang tunggal. Simulasi numerik dilakukan dengan mengganti tiang beton masif dengan tiang pipa baja. Diameter dan panjang tiang divariasikan. Bagan alir studi parametrik perkerasan sistem pelat terpaku menggunakan tiang pipa, secara keseluruhan diberikan pada Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian dirunut sebagaimana uraian berikut. Persiapan, meliputi perizinan penelitian dll, pengumpulan data sekunder yaitu data penelitian Puri (2015a). Dilanjutkan dengan analisis data yaitu simulasi analisis lendutan pelat terpaku menggunakan metode elemen hingga (Plaxis 2D). Dalam hal ini, tiang beton masif diganti dengan tiang pipa baja. Variabel analisis berupa variasi diameter dan panjang tiang. Dimensi struktur Dimensi struktur pelat terpaku tiang tunggal dari Puri (2015a) diberikan pada Gambar 2. Pelat beton bertulang dengan ukuran 1,20m x 1,20m x 0,15m. Tiang beton masif berdiameter 0,20m dan panjang 1,50m tidak termasuk tebal pelat penebalan. Di bawah pelat terdapat lantai kerja setebal 0,05m. Adapun ukuran tiang pipa bervariasi dari ukuran 0,20m, 0,30m, 0,60m, dan 0,80m. Dimensi penampang tiang pipa diberikan pada Tabel 1 mengacu kepada dimensi yang ada di pasaran yaitu idpipe.com (2014). Mulai Persiapan 1. Izin penelitian 2. Bahan dan alat analisis Pengumpulan data sekunder

### **15 uji skala penuh sistem pelat terpaku pada lempung lunak**

untuk pelat terpaku tiang tunggal Tidak Kontrol pola dan besar lendutan terhadap referensi. Sesuai? Ya Analisis data: Studi parametrik dengan tiang pipa untuk pelat terpaku dengan variasi diameter dan panjang tiang Pembahasan dan diskusi` Kesimpulan Selesai Gambar 1. Bagan alir penelitian. Tabel 1. Tebal tiang pipa baja untuk berbagai diameter (idpipe.com, 2014) Diameter Tebal (cm) (m) (mm) d-15 0,00711 d-20 0,00818 d-30 0,01031 d-60 0,01748 d-80 0,01748 7,11 8,18 10,31 17,48 17,48 Dinding batako Balok angkur Kolom angkur Lempung lunak 117 354 A 120 Pelat beton, h = 15 cm 117 410 Titik penyelidikan tanah a) Denah Dongkrak hidrolik Dialgauge Balok referensi Balok angkur 120 Balok beban II II I 170 Clamp Lean concrete, 5 cm 50 15 15 20 Lempung lunak 150 50 Pond base 410 Pelat beton, Pelat penebalan, Tiang, dia. 20 cm, 60 60 170 h = 15 cm. 40x40, tebal 20 L = 150 cm cm Satuan dalam cm. Tanpa skala. b) Potongan

melintang dan peralatan pembebanan Gambar 2. Pelat terpaku tiang tunggal beton masif bertulang (Puri, 2017). Sifat-sifat lempung lunak kategori lunak.

**3Kondisi lunak tersebut juga dibuktikan dengan nilai CBR lapangan rerata**

Bahan penelitian yang digunakan Puri (2015a)

**30,83%. Nilai PI sebesar 59,98% membuat lempung**

adalah tanah lempung lunak Ngawi-2 yang berasal ini termasuk klasifikasi CH (lempung plastisitas dari Ngawi, Jawa Timur. Lempung ini mempunyai tinggi) menurut klasifikasi USCS, atau setara kadar air tanah yang cukup tinggi rerata 54,87% dengan klasifikasi A-7-6 menurut AASHTO. dan mendekati kadar air asli 50,49%. Berdasarkan Distribusi ukuran butiran tanah didominasi gradasi kuat geser undrained ( $S_u$ ) kondisi tidak terganggu butir halus yang mencapai rerata 92,93% dan rerata sebesar 20,14 kN/m<sup>2</sup>, maka termasuk sisanya berupa pasir halus. Sifat-sifat beton dan baja Kuat tekan beton karakteristik ( $f_c'$ ) sebesar 29,21 MPa untuk pelat dan 17,4 MPa untuk tiang beton. Untuk lantai kerja dengan campuran 1PC : 3PS : 5KR diasumsikan mempunyai mutu  $f_c' = 14,5$  MPa. Selanjutnya

**3modulus elastisitas beton ditentukan dengan pendekatan umum sebesar 4.700?fc'.**

Tiang baja mempunyai modulus elastisitas 210.000.000 kN/m<sup>2</sup>. Cara analisis Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga aksisimetri. Analisis

**16metode elemen hingga tersebut menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D v.8.2. Pelat dan lantai kerja dimodelkan sebagai elemen**

soil & interface dengan parameter input material beton dimana model material elastik dengan perilaku non porous. Adapun tiang juga dimodelkan sebagai elemen soil & interface namun dengan parameter input material ekivalen dari bahan pelat baja dan tanah di dalam tiang, dimana model material elastik dengan perilaku non porous. Untuk tanah menggunakan model Mohr- Coulomb perilaku undrained. Pelat penebalan diabaikan, namun hubungan pelat dan tiang adalah monolit. Oleh karena pelat terpaku tiang tunggal, maka tipe analisis adalah aksisimetri. Setelah dilakukan analisis path test berdasarkan dimensi penelitian Puri (2015a), diperoleh model tanah yang lebih tepat adalah model Mohr-Coulomb berperilaku undrained pada modulus elastisitas tanah 2.500 kN/m<sup>2</sup> seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Beban (kN) 0 0 20 40 60 80 Penurunan (mm) 2 4 6 8 10 Tiang beton-pengamatan Tanah Soft soil Mohr-Coulomb: E 1790 kPa Mohr-Coulomb: E 1950 kPa Mohr-Coulomb: E 2500 kPa Mohr-Coulomb: E 3230 kPa MC: E 1790 kPa: tanpa berat isi MC: E 1950 kPa: tanpa berat isi Gambar 3. Hubungan P-? pada analisis pacht test Pelat Terpaku tiang beton tunggal. Gambar 4 memperlihatkan deformed mesh pelat terpaku. Terlihat bahwa pelat dan tiang tidak mengalami perubahan bentuk, kecuali hanya terjadi penurunan. Permukaan pelat tetap rata dan tiang tetap vertikal yang mengindikasikan bahwa hubungan pelat dan tiang sudah monolit. Dalam pelaksanaan pemancangan tiang pipa baja pada tanah lunak, memungkinkan tanah masuk ke dalam pipa. Maka selanjutnya dianggap tanah tersebut sebagai bagian tiang. Tiang baja mempunyai modulus elastisitas

210.000.000 kN/m<sup>2</sup> sedangkan tanah sebesar 2.500 kN/m<sup>2</sup>. Selanjutnya modulus tiang dan tanah tersebut diambil modulus ekuivalen ( $E_{ek}$ ) yang dihitung menggunakan Persamaan 1.  $E_{ek} = (E_s A_s) + (E_p A_p) A_s$  (1)  
Dimana  $E_s$ : modulus elastisitas tanah (kN/m<sup>2</sup>),  $A_s$ :

22 **luas penampang** tanah (m<sup>2</sup>),  **$E_p$ : modulus elastisitas** tiang (kN/m<sup>2</sup>),  $A_p$ : luas penampang **tiang**

(m<sup>2</sup>),  $A_t$ : luas penampang total pipa dan tanah (m<sup>2</sup>). Input modulus tiang-tanah ekuivalen digunakan nilai pembulatan. Gambar 4. Deformed mesh akibat beban sentris 40 kN untuk tiang pipa dia. 30 cm dan panjang 1,50 m. Hasil dan Pembahasan Pengaruh diameter tiang terhadap penurunan Telah diuraikan pada bagian Cara Penelitian bahwa ukuran Pelat Terpaku tiang tunggal uji lapangan adalah diameter tiang

70,20 m dan panjang 1,50 m serta lebar pelat 1,20 m,

sehingga dengan variasi diameter tiang yang semakin membesar maka lebar pelat yang dibutuhkan juga bertambah. Oleh karena diameter tiang bervariasi dari ukuran 0,20 m;

230,30 m; 0,60 m; dan 0,80 m;

maka ukuran lebar pelat juga menyesuaikan dengan diameter tiang. Lebar pelat untuk diameter 0,30 m adalah 1,50 m, selanjutnya untuk diameter 0,60 m; dan 0,80 m masing-masing lebar pelat adalah 1,80 m dan 2,40 m. Hasil terkait pengaruh diameter tiang terhadap penurunan diberikan pada Gambar 5 dan 6. Beban (kN) 0 0 20 40 60 80 Penurunan (mm) 2 4 6 8 10 Tiang beton-dia. 20 cm-pengamatan Tiang beton-dia.20 cm-perhitungan Tiang pipa baja-dia. 20 cm Tiang pipa baja-dia. 30 cm Tiang pipa baja-dia. 60 cm Tiang pipa baja-dia. 80 cm Gambar 5. Hubungan P- $\delta$  pelat untuk berbagai variasi diameter tiang untuk  $L_p = 1,5$  m. Penurunan (mm) 1 2 3

204 5 6 7  $L_p = 1,0$  m  $L_p = 1,2$  m  $L_p = 1,$

5 m 0 0 Variasi D (m) 0.5 1 Gambar 6. Penurunan untuk berbagai diameter tiang akibat beban roda 40 kN. Gambar 5 memperlihatkan hubungan beban- penurunan P- $\delta$  pelat. Terlihat bahwa peningkatan diameter tiang dapat mereduksi penurunan, dalam hal ini semua tiang mempunyai panjang 1,50 m. Untuk panjang tiang yang lainnya juga memperlihatkan perilaku yang sama. Peningkatan diameter tiang meningkatkan luas bidang kontak tanah dan selimut tiang, sehingga tahanan gesek meningkat. Hal yang sama, peningkatan diameter tiang memperbesar luas penampang ujung tiang, sehingga tahanan ujung meningkat. Namun demikian, untuk tiang yang berdiameter lebih besar dapat pula dikurangi panjangnya, tentu dengan memperhatikan bahwa penurunan masih dalam batas toleransi. Untuk seluruh diameter tiang, pada beban roda tunggal 40 kN terlihat penurunan pelat masih di bawah penurunan maksimum izin 5 mm untuk berbagai panjang tiang (Gambar 6), kecuali untuk tiang pipa diameter 20 cm sedikit di atas penurunan maksimum izin. Diameter tiang pada rentang 30 cm – 60 cm sudah memadai untuk digunakan dengan penurunan tidak melampaui penurunan maksimum izin. Pengaruh panjang tiang terhadap penurunan Gambar 7 memperlihatkan hubungan beban- penurunan P- $\delta$  pelat untuk tiang berdiameter 20 cm. Peningkatan panjang tiang dapat mereduksi penurunan. Peningkatan panjang tiang meningkatkan luas bidang kontak tanah dan selimut tiang, sehingga tahanan gesek tiang meningkat. Untuk beban roda tunggal

40 kN terlihat penurunan yang terjadi di atas penurunan maksimum izin 5 mm dengan semakin pendeknya tiang. Dengan demikian penggunaan tiang pipa dengan dimensi yang sama dengan tiang beton masif tidak aman. Hal ini disebabkan reduksi tahanan interface ( $R_{inter}$ ) antara baja dan tanah sebesar 0,5 lebih rendah dibanding antara tanah dan beton. Untuk meningkatkan stabilitas terhadap penurunan, dimensi tiang pipa perlu diperbesar (pada sisi panjang atau diameternya). Beban (kN) 0 20 40 60 80 0 Penurunan (mm) 2 4 6 8 10 Tiang beton-pengamatan- $L_p = 1,50$  m Tiang beton-hitungan- $L_p = 1,50$  m Tiang pipa baja- $L_p = 1,50$  m Tiang pipa baja- $L_p = 1,20$  m Tiang pipa baja- $L_p = 1,00$  m Gambar 7. Hubungan P-? pelat untuk variasi panjang berdiameter 20 cm. Gambar 8 memperlihatkan hubungan panjang tiang terhadap penurunan berdiameter 20 cm tidak memenuhi penurunan maksimum izin. Penurunan (mm) 2 1 3 5 4 7 6 0 0 Variasi  $L_p$  (m) 2 variasi Tiang syarat

17  $D = 20$  cm  $D = 30$  cm  $D = 60$  cm  $D = 80$  cm

Gambar 8. Penurunan untuk berbagai panjang tiang akibat beban roda 40 kN. Semakin panjang tiang maka penurunan cenderung semakin berkurang. Namun hal ini terjadi pada tiang dengan diameter 20 cm dan 30 cm, sedangkan pada tiang yang lebih besar yaitu diameter 60 cm dan 80 cm berperilaku sebaliknya. Penurunan cenderung dengan peningkatan panjang dan diameter tiang oleh karena bertambahnya berat sendiri tiang. Tegangan dalam tanah dan perilaku bidang kontak tanah dan tiang Tegangan geser efektif yang berkembang pada tanah di sekitar tiang pipa diameter 20 cm dan panjang 1,50 m akibat beban sentris 40 kN pada pelat terpaku tiang tunggal terlihat pada Gambar 9. Tegangan geser efektif maksimum sebesar 19,89 kN/m<sup>2</sup> tidak melampaui kuat geser undrained lempung sebesar 20 kN/m<sup>2</sup>. Tegangan geser tersebut bekerja di sekitar ujung bawah tiang. Secara umum tanah tidak mengalami keruntuhan. Tepat pada daerah baji di bawah ujung tiang, terjadi tegangan geser tekan. Adapun tegangan geser tarik terjadi di sepanjang tiang dan menerus sedalam  $D$  di bawah dasar tiang, serta di sekitar sisi bawah tepi pelat. Gambar 10 menyajikan tegangan geser pada bidang kontak tanah-tiang untuk tiang diameter 20 cm dan panjang 1,50 m. Tegangan geser maksimum yang bekerja di bidang kontak sebesar 15,51 kN/m<sup>2</sup>, melampaui kondisi ultimit 10,00 kN/m<sup>2</sup> ( $R_{intercu} = 0,5 \times 20$ ). Tegangan geser meningkat dengan kedalaman dan maksimum mulai dari 0,5 $L_p$  sampai ujung tiang (Gambar 10a). Garis putus-putus di sebelah kiri dan kanan diagram tegangan geser pada Gambar 10a adalah tahanan geser batas (limit shear resistance). Keruntuhan pada bidang kontak dibuktikan pula dengan terjadinya tension cut-off pada area tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 10b. Selain itu, tanah di bawah tepi pelat mengalami tegangan tarik dimana terjadi tension cut-off. Gambar 9. Tegangan geser akibat beban sentris 40 kN untuk tiang pipa diameter 30 cm dan panjang 1,50 m. a) b) Gambar 10 Perilaku bidang kontak tanah dan tiang pipa panjang 1,50 m akibat beban sentris 40 kN; a) Tegangan geser, b) Titik plastis. 30 Tegangan geser efektif maksimum (kN/m<sup>2</sup>) 20 10 0  $L_p = 1,50$  m  $L_p = 1,20$  m  $L_p = 1,00$  m 0 20 40 60 80 100 Diameter tiang,  $D$  (cm) a) Tekanan air pori maksimum (kN/m<sup>2</sup>) -80 -60 -40 -20  $L_p = 1,50$  m  $L_p = 1,20$  m  $L_p = 1,00$  m 0 0 20 40 60 80 100 Diameter tiang,  $D$  (cm) b) Gambar 11. Tegangan dalam tanah di bawah ujung tiang, a) tegangan geser, b) tekanan air pori. Tekanan maksimum interface tanah-tiang 50 40 (kN/m<sup>2</sup>) 30 20 10 0 Teg. Geser maksimum Tek. air pori maksimum 0 20 40 60 80 100 Diameter tiang,  $D$  (cm) Gambar 12. Tegangan bidang kontak tanah- tiang untuk  $L_p = 1,5$  m. Gambar 11 dan 12 masing-masing memperlihatkan pengaruh dimensi tiang terhadap tegangan dalam tanah dan bidang kontak tanah-tiang. Tampak bahwa peningkatan dimensi tiang cenderung menurunkan tegangan geser (Gambar 11a) dan tekanan air pori dalam tanah (Gambar 11b) serta juga tegangan geser dan tekanan air pori pada bidang kontak tanah-tiang (Gambar 12). Demikian, struktur pelat terpaku semakin stabil dengan semakin besar dimensi tiang. Mulai dari tiang berdiameter 30 cm, tegangan geser tidak melampaui kuat geser tanah. Dengan demikian sistem pelat terpaku ini semakin aman dengan semakin besarnya diameter tiang. Hal ini juga dibuktikan dengan menurunnya tekanan air pori sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11b dan 12



**19tersebut. Kesimpulan Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa**

tiang pipa baja dapat digunakan sebagai paku pada

**3perkerasan sistem pelat terpaku, namun dengan dimensi yang lebih besar dibanding tiang**

beton masif. Peningkatan diameter dan panjang tiang dapat mereduksi penurunan pelat perkerasan, dimana penurunan pelat pada beban roda 40 kN masih di bawah penurunan maksimum izin 5 mm. Tegangan geser efektif maksimum bekerja pada tanah tidak melampaui kuat geser undrained tanah di bawah beban roda standar 40 kN. Secara umum tanah tidak mengalami keruntuhan. Peningkatan diameter dan panjang tiang dapat mereduksi tegangan geser efektif dan tekanan air pori tanah dan bidang kontak tanah-tiang. Mengacu ke perubahan tekanan air pori ini, penggunaan diameter tiang pipa antara 30 cm sampai dengan 60 cm sudah memadai dengan panjang tiang 1,20 m.

**21Ucapan Terima Kasih Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas**

dukungan finansial dari

**24Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Islam**

Riau (UIR) dengan nomor kontrak 150/KONTRAK/LP-UIR/12-2015 serta saudara Muhammad Toyeb, S.T., M.T. sebagai operator komputer. Bagian analisis tiang pipa baja diameter 20 cm telah dipresentasikan pada Seminar Nasional Pascasarjana yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia pada 7 Mei 2018. Daftar Pustaka

**2Dewi, D. A. (2009). Kajian Pengaruh Tiang Tunggal Terhadap Nilai Koefisien Reaksi Subgrade Ekuivalen pada Uji Beban Statis Skala Penuh.**

Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada.

**5Diana, W., Hardiyatmo, H. C., & Suhendro, B. (2016, July). Small-scale Experimental Investigation on The Behaviour of Nailed Slab System in Expansive Soil. Presented at AIP Conference Proceedings (Vol. 1755, No. 1, p. 060002). AIP Publishing.**

**4Diana, W., Hardiyatmo, H. C., & Suhendro, B. (2017). Effect of Pile Connections on The Performance of the Nailed Slab System on The**

**Expansive Soil. International Journal of Geomate,**

12(2), 134-141

**2.Hardiyatmo, H. C. (2008), Sistem "Pelat Terpaku" (Nailed Slab) Untuk Perkuatan Pelat Beton pada Perkerasan Kaku (Rigid Pavement), dipresentasikan pada Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna dalam Penanganan Sarana-prasarana**

(pp. M-1—M-7), Yogyakarta, Indonesia:

**25Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada.**

**2Hardiyatmo, H. C. (2009). Metoda Hitungan Lendutan Pelat dengan Menggunakan Modulus Reaksi Tanah Dasar Ekuivalen untuk Struktur Pelat Fleksibel, Dinamika Teknik,**

9 (2)

**3149-154. Hardiyatmo, H. C. (2010). Perancangan sistem cakar ayam modifikasi untuk perkerasan jalan raya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. Hardiyatmo, H. C. (2011). Method to Analyze The Deflection of the Nailed-slab system. International Journal of Civil & Environmental Engineering,**

11(4),

**222-28. Hardiyatmo, H. C, Suhendro, B. (2003). Fondasi tiang dengan pile cap tipis sebagai alternatif untuk mengatasi problem penurunan bangunan di atas tanah lunak, Laporan Komprehensif Penelitian Hibah Bersaing IX Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.**

**2Nasibu, R. (2009), Kajian Modulus Reaksi Tanah Dasar akibat Pengaruh Tiang (Uji Beban pada Skala Penuh, Tesis,**

Universitas Gadjah Mada. Puri, A. (2015a).

**8Perilaku Perkerasan sistem pelat terpaku pada Lempung Lunak, Disertasi,**  
Indonesia: **Universitas Gadjah Mada. Puri, A.**

(2015b).

**9Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dengan Satu Baris Tiang,**

Dipresentasikan pada

**9Prosiding PIT XIX dan KOGEI X**

(453-464) Jakarta, Indonesia: Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia. Puri, A. (2015c).

**18Studi Paramterik Perkerasan sistem pelat terpaku Pada Tanah Dasar Lunak,**

dipresetasikan pada Proc. 1st Annual Civil Engineering Seminar (ACES) (305-313), Pekanbaru, Indonesia: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau.

**6Puri, A. (2016). Behavior of Uplift Resistance of Single Pile Row Nailed-slab Pavement System on Soft Clay Sub Grade,** dipresetasikan pada Proc. **The 3rd Asia Future Conference (AFC)** (1226- 1230), **Kitakyushu, Japan:**

Sekiguchi Global Research Association, Atsumi International Foundation.

**6Puri, A. (2017). Developing The Curve of Displacement Factor for Determination The Additional Modulus of Sub Grade Reaction on Nailed-Slab Pavement System, International Journal of Technology**

(IJTech), 8 (1) 122-131.

**2Puri, A., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2011a). Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak,** dipresentasikan pada **Pertemuan Ilmiah Tahunan**

2(317-321). Yogyakarta. **Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2011b). Kontribusi Koperan dalam Mereduksi Lendutan sistem pelat terpaku pada Lempung Lunak.** Dipresentasikan pada **Prosiding Konferensi Geoteknik Indonesia ke-9 dan Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-15 (KOGEI IX & PIT XV) HATTI,**

299-306.

8**Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2012a). Determining Additional Modulus of Subgrade Reaction Based on Tolerable Settlement for the Nailed-slab System Resting on Soft Clay. International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS,**

12(03),

232-40. **Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2012b). Application of the Additional Modulus of Subgrade Reaction to Predict The Deflection of Nailed-slab System Resting on Soft Clay Due to Repetitive Loadings,**

presented at 16th Annual Scientific Meeting (PIT) HATTI(217-222).

10**Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2013a). Pile Spacing and Length Effects Due to the Additional Modulus of Subgrade Reaction of the Nailed-Slab System on the Soft Clay,** presented at **13th International Symposium on Quality in Research (QiR)**

11(1032-1310). **Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2013b). Deflection Analysis of Nailed- slab System which Reinforced by Vertical Wall Barrier under Repetitive Loading,** presented at **the 6th Civil Engineering Conference in Asian Region (CECAR6), Jakarta,**

Indonesia: Asian Civil Engineering Consulting Council (ACECC), TS6- 10 -

7**TS6-11. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa 'i, A. (2013c). Application of Method of Nailed-Slab Deflection Analysis on Full Scale Model**

**and Comparison to Loading Test**, presented at **the 7th National Conference of Civil Engineering (KoNTekS7)**,

**13G201-G211. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2013d). Behavior of Fullscale Nailed- Slab System with Variation on Load Positions**, presented at **the 1st International Conference on Infrastructures Development (ICID)**,

**1426-36. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2014). Behavior of Nailed-slab System on Soft Clay Due to Repetitive Loadings by Conducting Full Scale Test**,

presented at 17th Intrntl. Symp. FSTPT, University of Jember, 739- 750.

**12Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa'i, A. (2015a). Pull out Test of Single Pile Row Nailed-Slab System on Soft Clay**, presented at **The 14th International Conference on Quality in Research (QiR), Universitas Indonesia, Lombok**,

63-68.

**2Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., Rifa'i, A.,**

**& Khatib, A. (2015b).**

**9Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dengan Satu Baris Tiang**,

dipresentasikan pada

**9PIT XIX dan KOGEI X, HATTI**,

453-464.

**4Puri, 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.

**3Somantri, A. K. (2013). Kajian Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Pasir dengan Menggunakan Metode Beam on Elastic Foundations (Boef) dan Metode Elemen Hingga. Tesis,**

Universitas Gadjah Mada.

**2Taa, P. D. S. (2010). Pengaruh Pemasangan Kelompok Tiang terhadap Kenaikan Pelat dalam Sistem Nailed-Slab yang Terletak di Atas Tanah Dasar Ekspansif. Tesis,**

Indonesia: Universitas Gadjah Mada.

**5Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2017). Behaviour of Nailed-slab Syatem on Peat Soil Under Loading, presented at the 1st Warmadewa International Conference on Architecture and Civil Engineering (91-97), Denpasar, Indonesia:**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa. Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ... Anas Puri Analisis Numerik Perkerasan ...

**1Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 25, No. 2, 2019, 171-179**

171 172

**1Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 25, No. 2, 2019, 171-179**

**1Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 25, No. 2, 2019, 171-179**

173 174

**1Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 25, No. 2, 2019, 171-179**

1 **Media Komunikasi Teknik Sipil**, Volume 25, **No. 2, 2019, 171-179**

175 176

1 **Media Komunikasi Teknik Sipil**, Volume 25, **No. 2, 2019, 171-179**

1 **Media Komunikasi Teknik Sipil**, Volume 25, **No. 2, 2019, 171-179**

177 178

1 **Media Komunikasi Teknik Sipil**, Volume 25, **No. 2, 2019, 171-179**

1 **Media Komunikasi Teknik Sipil**, Volume 25, **No. 2, 2019, 171-179**

179