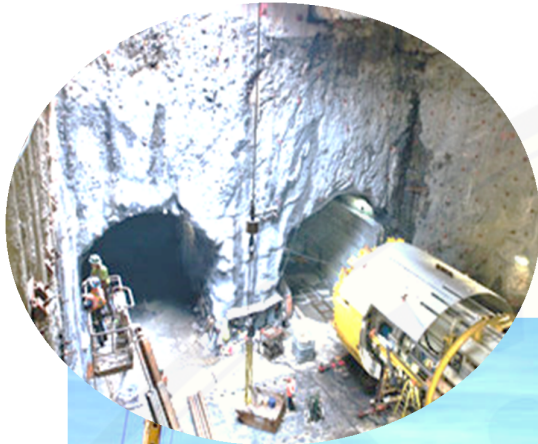


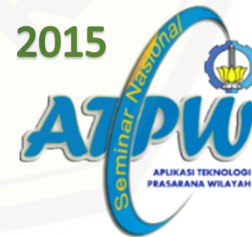
SEMINAR NASIONAL APLIKASI TEKNOLOGI PRASARANA WILAYAH 2015

KAMIS, 11 JUNI 2015



9 772301 675140

**PERAN INOVASI REKAYASA GEOTEKNIK DALAM
MENUNJANG KEBERHASILAN PEMBANGUNAN
INFRASTRUKTUR DI INDONESIA**



PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL FTSP – ITS
Kampus ITS Manyar – Jl. Menur 127 Surabaya
Telp. 031-5947637 Fax : 031-5938025
www.diplomasipil.its.ac.id dan atpw.wordpress.com



GEOSISTEM



PT. PAKUWON JATI TBK.



PT. Pelabuhan Indonesia III (PERSERO)



PT. PP



Inovasi Untuk Solusi PT. INOVASI LUKLUK SOLUSI



Marga Harjaya Infrastruktur



CV. DIPES JEMBER DAN KOTA



PT. YENI USHA BETON



WAHANA PRECAST FONDASI



PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



Sertifikat

Diberikan Kepada :

Arik Triarso

Atas Partisipasinya Sebagai

Pemakalah

pada



SEMINAR NASIONAL

APLIKASI TEKNOLOGI PRASARANA WILAYAH 2015

"PERAN INOVASI REKAYASA GEOTEKNIK DALAM MENUNJANG
KEBERHASILAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI INDONESIA"



Dekan FTSP-ITS

Surabaya, 11 Juni 2015

Ketua Panitia



SEMINAR NASIONAL
Aplikasi Teknologi
Prasarana Wilayah

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS
NIP : 19550325 198003 1 004

Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.
NIP : 19740626 100312 1 001

SUSUNAN PANITIA

- Penanggung Jawab : Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc. Ph.D
(Kaprodi Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS)
- Ketua I : Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.
Ketua II : Afif Navir Refani, ST., MT.
Wakil Ketua : Muhammad Hafiizh I., ST., MT.
- Bendahara : Amalia Firdaus M, ST., MT
Suharna
- Kesekretariatan : Dwi Indriyani, ST., MT
Kamilia Aziz, ST., MT
- Reviewer : Prof. Dr. Indarto, DEA
Dr. Ir. Kuntjoro, MS.
Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc. Ph.D.
Ir. Agung Budi Priyanto, M.Eng., Ph.D.
Dr. Machsus, ST., MT.
- Moderator Sidang Utama : Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D.
Koordinator Moderator Kelas : Singgih Purwanto, ST., MT.
Moderator Kelas : Ir. Imam Prayogo, M.MT.
Ir. Djoko Sulistiono, MT
Ir. A. Yusuf Zuhdy, PG., Dip. Plg.
Ir. Endang Kasiati, DEA.
Ir. Kusumastuti, MT
Ir. Estutie Maulanie, CES.
Ir. Endang Sri Sukaptini, MT.
Ir. Munarus Suluch, MS.
Ir. Edy Sumirman, MT.
Ir. Sukobar, MT.
Ir. Sulchan Arifin, M.Eng.
Ir. Hj. Ami Asparini
Tatas, ST., MT.
Ir. Srie Subekti, MT
R. Buyung A. A., ST., MT
Ir. Widjonarko, MSc (CS)
Ir. Dunat Indratmo, MT
Ir. Boedi Wibowo, CES
Ir. Suharjoko, MT
Ir. Choirul Anwar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SUSUNAN PANITIA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
MAKALAH PEMBICARA	
1. <i>Lessons Learned from Geotechnical Works in Construction of Recent Mass Rapid Transit System in Soft Ground</i> Benson B. C. Hsiung	1
2. Aspek Geoteknik Perancangan Galian Dalam (<i>Deep Excavation</i>) di Tanah Surabaya Mohamad Khoiri	15
3. Rekayasa Geoteknik Tanah Lempung Lunak Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Indonesia Wahyu P. Kuswanda	31
A. REKAYASA INFRASTRUKTUR GEOTEKNIK	
A.2 Pemetaan Kapasitas Dukung Tanah di Kota Gorontalo Berdasarkan Data Sondir Fadly Achmad	A-1
A.3 Pengaruh Penggunaan Bahan Ecocure ²¹ Terhadap Kestabilan pada Area Disposal dan Area Hauling Road PT. Adaro Indonesia, Kalimantan Selatan Irwandy Muzaidi, Indarto	A-11
A.4 Kajian Stabilitas Struktur Tangki Minyak Yang Mengalami Kemiringan Chomaedhi, Ibnu Pudji Rahardjo, Djoko Irawan, Imam Prayogo	A-19
A.5 Studi Perbandingan Besar Daya Dukung Tanah antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Bor Pile pada Proyek Bangunan Gedung Arsip Polda Surabaya dan SMA Muhammadiyah 3 Surabaya Endang Kasiati, Sulchan Arifin	A-29
A.6 Pengaruh Tinggi Timbunan Tanah Badan Jalan Terhadap Besarnya Perubahan Tegangan	

	dan Pemampatan Tanah Dasar di Area Sekitar Timbunan Putu Tantri K.S, Yudhi Lastiasih	A-39
A.8	Studi Eksperimental Penentuan Viskositas Pada Tanah Ekspansif Budijanto Widjaja, Rizka Astarti Sutisna	A-49
A.9	Pengaruh Pola Pemasangan dan Faktor Efisiensi Kelompok Cerucuk dalam Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Berdasarkan Pemodelan di Laboratorium Rusdiansyah, Noor Endah Mochtar, Indrasurya B. Mochtar	A-53
A.10	Analisis Numerik Ekses Tekanan Air Pori dan Perpindahan Tanah Akibat Pemancangan Arik Triarso, Indarto, Farid Maruf	A-67
A.11	Kombinasi Preloading dan Penggunaan <i>Pre-Fabricated Vertical Drains</i> untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak Arief Alihudien	A-77
A.13	Pemantauan Tingkat Pergerakan Tanah Menggunakan Global Positioning System di Kabupaten Bondowoso Nain Dhaniarti Raharjo, M. Taufik, Rinto Sasongko	A-83
A.15	Analisis kestabilan Lereng Embung Klopoduwur kabupaten Blora Bayu Zulkarnaen, Dwiyanto	A-95
A.16	Analisis Kestabilan Lereng Highwall Utara Pit Kanguru dengan Metode Rock Mass Rating (RMR) Bieniawski 1989, pada Penambangan Batubara Terbuka PT. Pamapersada Nusantara Site Sangatta, Kalimantan Timur Dwiyanto, Fatma Wulandari	A-107
A.18	Variasi Kestabilan Lereng Tanah Residual Arjasa Jember akibat Pengaruh Infiltrasi Air Hujan Mohammad Muntaha	A-119
 B. REKAYASA MITIGASI BENCANA		
B.1	Analisis Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Perilaku Berisiko pada Pekerja Yudita Sri Wulandari, Immanuel Pratomojati, Fajar Susilowati .B-1	
B.2	Analisa Risiko Proyek Pemanfaatan Sumber Daya Air dalam Industri Migas	

Analisis Numerik Ekses Tekanan Air Pori dan Perpindahan Tanah Akibat Pemancangan

Arik Triarso¹, Indarto², Farid Maruf³

¹Program Studi Magister Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya

²Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Jember

Email: Ariktriarso45@gmail.com

Abstrak

Instalasi tiang pondasi pada tanah lunak dapat mengakibatkan ekses tekanan air pori dan perpindahan radial disekitarnya. Kedua hal tersebut menyebabkan masalah untuk struktur tanah yang berada didekatnya. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis secara numerik ekses tekanan air pori dan perpindahan radial akibat instalasi tiang dengan menggunakan program Plaxis 2D. Metode *Displacement-controlled cavity expansion* digunakan untuk memodelkan proses instalasi tiang. Hasil analisis numerik menghasilkan ekses tekanan air pori yang cukup sesuai dengan teori dari Randolph dkk dan juga menghasilkan perpindahan radial yang sesuai dengan teori dari Carter dkk. Selisih perbedaan antara simulasi numerik dan perhitungan berdasarkan teori untuk nilai ekses tekanan air pori dan perpindahan radial adalah 5% - 30% bervariasi pada setiap kedalaman sampai 0,8 L. Namun, *Prescribed displacement* harus ditentukan dengan hati-hati untuk mencapai kinerja yang lebih baik.

Kata kunci: ekses tekanan air pori, perpindahan tanah, plaxis 2D, dan pemancangan sistem injeksi.

1. Pendahuluan

Instalasi tiang pondasi pada tanah lunak dapat mengakibatkan perpindahan tanah arah radial dan ekses tekanan air pori disekitarnya. Kedua hal tersebut menyebabkan masalah untuk struktur tanah yang berada didekatnya.

Poulos (1994) menjelaskan tentang perpindahan tanah saat pemancangan sebagai berikut: (i) Pergerakan horizontal relatif seragam pada kedalaman sekitar 0.8L, dimana L adalah kedalaman penetrasi tiang saat pemancangan, (ii) Pergerakan tanah dibawah ujung tiang menurun secara cepat sesuai dengan kedalamannya, dan (iii) Perpindahan maksimum tidak tergantung pada keda-

laman penetrasi dan menurun sesuai dengan jaraknya dari tiang.

Teori *cavity expansion* (Carter dkk, 1979; Vesic, 1972; Chai dkk, 2005, 2007) memungkinkan untuk memberikan prediksi yang dapat diterima dan rasional untuk ekses tekanan pori yang diakibatkan pemancangan tiang (Randolph dkk, 1979). Eksperimen pemancangan tiang yang dilakukan oleh Jun (2012) memberikan tren yang sesuai dengan teori *cavity expansion*. Francescon (1983) dan Pestana dkk (2002) melakukan eksperimen mengenai pergerakan tanah akibat pemancangan tiang kedalam tanah lempung jenuh, hasilnya

juga sesuai dengan teori *cavity expansion*.

Broere dan Van (2006), begitu juga Pham (2009) melakukan simulasi pemancangan tiang menggunakan Plaxis 2D dengan model *axisymmetry*, hasil numerik tersebut memberikan nilai angka pori dan tegangan disekitar tiang yang dapat diterima saat dibandingkan dengan hasil *centrifuge test*. Metode *Stress - controlled Cavity expansion* dan *Displacement - controlled Cavity expansion* menjadi metode yang tepat untuk simulasi numerik instalasi *displacement pile* (Satibi dkk, 2007). Untuk pemancangan tiang, hasilnya akan lebih menyeluruh jika didekati dengan metoda *Cavity expansion* dan teori perpindahan (Maryono, 2014).

Hingga saat ini prediksi eksese tekanan air pori dan perpindahan tanah arah radial akibat pemancangan masih terus dilakukan untuk penelitian lebih lanjut. Oleh karena itu diperlukan simulasi numerik untuk mendapatkan distribusi eksese tekanan air pori perpindahan radial akibat instalasi tiang.

2. Metodologi

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data meliputi data tiang, data tanah, dan data tekanan air pori yang didapat dari laporan suatu proyek maupun literatur. Kemudian dilakukan pengolahan data. Analisa yang dilakukan akan menghasilkan eksese tekanan air pori dan perpindahan radial yang dibandingkan dengan teori.

a. Perhitungan Eksese Tekanan Air Pori

D'Appolinia dan Lambe (1971) memberikan alternatif persamaan dari

Lo dan Stermac (1965) untuk menghitung rasio eksese tekanan air pori maksimum seperti yang disajikan pada Persamaan (1) (Poulos dan Davis, 1980):

$$\frac{\Delta u_m}{\sigma'_{v0}} = \left[(1 - K_0) + \frac{2S_u}{\sigma'_{v0}} \right] A_f \quad (1)$$

dimana:

Δu_m = eksese tekanan air pori maksimum

K_0 = koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam

S_u = kuat geser *undrained*

A_f = koefisien tekanan pori saat runtuh

σ'_{v0} = tegangan efektif vertikal awal

Persamaan (1) digunakan untuk memperoleh tekanan pori maksimum, dari selimut tiang sampai jarak R dari selimut tiang. Nilai R bervariasi antara $3r_0$ sampai $4r_0$, dimana r_0 adalah jari-jari tiang. Setelah jarak R , eksese tekanan air pori Δu pada jarak radial r dari tiang dihitung dengan persamaan (2) (Poulos dan Davis, 1980):

$$\Delta u = \frac{\Delta u_m}{(r/R)^2} \quad (2)$$

Dengan mempertimbangkan rongga silinder, eksese tekanan air pori Δu dalam material *elastic perfectly plastic* diberikan dengan persamaan (3) (Randolph dkk, 1979):

$$\Delta u = C_u \ln \left(\frac{G}{S_u} \right) + 2C_u \ln \left(\frac{r_0}{r} \right) \quad (3)$$

dimana:

G = modulus geser

- C_u = kuat geser *undrained*
- r_0 = jari-jari tiang
- r = jarak radial dari tiang

Modulus geser G (Pers. 4) ditentukan dari parameter modulus elastisitas E dan angka poisson ν :

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4)$$

b. Perhitungan perpindahan radial

Persamaan (5) untuk menghitung perpindahan radial ρ , di usulkan oleh Carter dkk (1979) :

$$\rho = (r^2 + \beta \cdot r_0^2)^{0,5} - r \quad (5)$$

dimana:

- ρ = perpindahan radial
- r = jarak radial dari titik pemanangan
- r_0 = jari-jari tiang
- β = rasio perpindahan

c. Simulasi Numerik

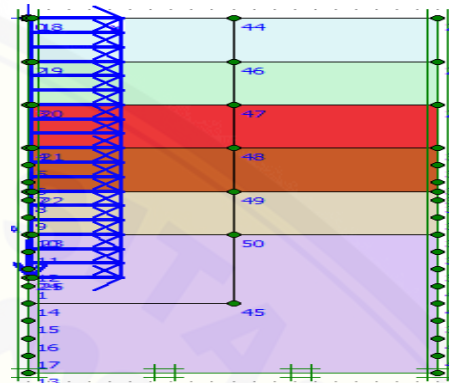
Simulasi dimodelkan menggunakan program Plaxis 2D dengan model *axis-symmetry*. Simulasi numerik yang dilakukan terdiri dari 2 simulasi yaitu: (i) Simulasi-1 dengan parameter tanah berdasarkan Tabel 2 dan (ii) Simulasi-2 dengan parameter tanah berdasarkan Gambar 2 dengan PI antara 35%-45%.

Tabel 1. Ukuran Tiang

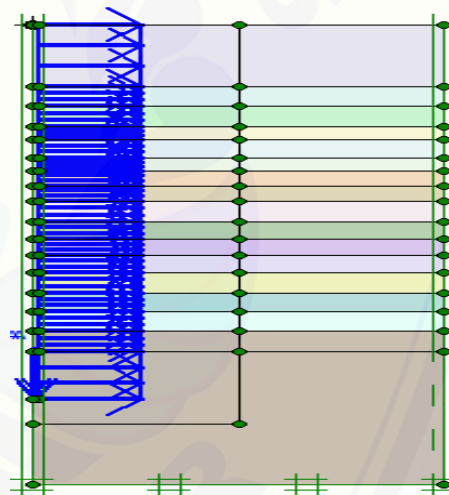
Ukuran	Simulasi-1	Simulasi-2
Jari-jari, r_0 (m)	0,25	0,301
Panjang, L (m)	30	36

Parameter yang belum ada ditentukan berdasarkan korelasi. Nilai kuat geser $C_u = (q_t - \sigma_{v0})/N_{kt}$, dimana q_t adalah tahanan konus terkoreksi dan N_{kt} adalah faktor konus sebesar 8 - 16 untuk tanah

lempung dengan $PI = 3\%$ s/d 50% (Aas dkk, 1986). Pada tanah lempung dengan rasio konsolidasi OCR 1 s/d 1,5 dan $30\% < PI < 50\%$, nilai modulus elastisitas E dapat diambil sebesar $300C_u$ s/d $600C_u$ (Duncan dan Buchignani, 1976).



(a)



(b)

Gambar 1. Geometri model (a) Simulasi-1 dan (b) Simulasi-2

Metode *Displacement-controlled Cavity expansion* digunakan untuk memodelkan proses instalasi tiang. Proses metode ini dimulai dari menetapkan kondisi awal. Setelah itu, elemen tiang dihapus untuk menciptakan rongga di sepanjang elemen tiang, kemudian menentukan *prescribed displacement* U_n arah hori-

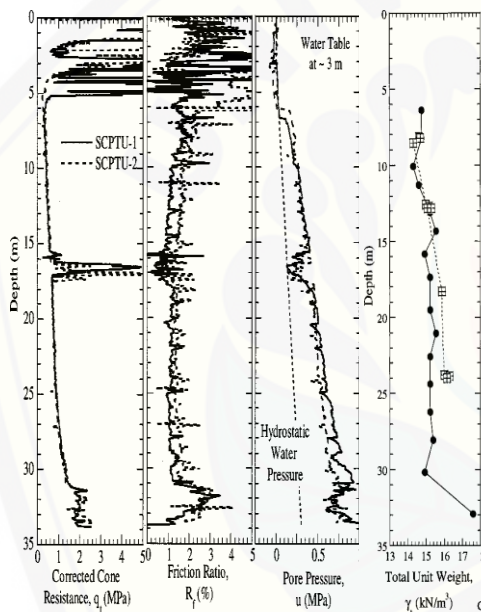
sontal secara seragam pada dinding rongga. Selain itu, tegangan vertikal ($\sigma'_{v0} = \gamma_{unsat} L$) juga diterapkan di ba-

gian bawah rongga, di mana L adalah panjang tiang tertanam.

Tabel 2. Data Tanah – Simulasi 1

(Sumber: Laporan Penyelidikan Tanah Proyek di Kedung Baruk)

Kedalaman	C_u kPa	ϕ (°)	γ kN/m ³	e	k m/hr	LL (%)	PL (%)	C_c	Lempung (%)	Lanau (%)
2,5	10,7	0,6	16,13	1,321	0,00039	80,12	31,08	0,734	76,60	23,40
5	12	0,5	15,15	1,462	0,00073	64,85	30,58	0,867	77,60	22,40
10	15,6	0,9	15,18	1,449	0,00009	88,78	31,05	0,855	72,60	27,40
15	18,6	1,7	16,30	1,338	0,00086	119,25	34,02		77,60	22,40
20	73,9	3,4	16,42	1,373	0,00086	117,35	30,47		60,58	20,63
25	74,7	5,1	16,58	1,130	0,00086	68,00	28,32		59,07	21,19



Gambar 2. Summary of cone penetration testing and Total unit weight (Pestana dkk, 2002)

3. Hasil dan Pembahasan

a. Simulasi-1

Setelah data tanah olah, perhitungan dan simulasi numerik dilakukan. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara ekses tekanan air pori dengan kedalaman pada jarak 1m dan 2m dari pusat tiang. Saat kedalaman semakin bertam-

bah maka ekses tekanan air pori meningkat.

Distribusi vertikal ekses tekanan air pori (Gambar 3b) pada jarak 2m lebih kecil saat dibandingkan dengan distribusi vertikal ekses tekanan air pori pada jarak 1m dari tiang (Gambar 3a).

Tabel 3. Parameter tanah untuk simulasi-2

(Sumber: Korelasi data tanah Gambar 2)

Kedalaman, m	q_t MPa	γ kN/m ³	C_u kPa	E kPa
6	0,31	14,70	15,10	6090
8	0,35	15,00	16,71	7638
10	0,41	14,25	19,42	9126
11,25	0,44	14,60	19,77	9068
13	0,50	15,40	23,10	11389
14,25	0,53	15,60	24,30	12091
15,75	0,62	14,90	30,81	16986
17,25	0,68	15,20	33,30	17983
19	0,74	15,20	33,57	16037
21	0,79	15,50	35,07	16888
22,5	0,84	15,50	36,54	17304
24,25	0,92	15,25	40,67	19167
26,25	0,99	15,20	45,03	23120
28	1,10	15,20	51,97	26977
30	1,31	15,50	66,56	35393

Hasil simulasi numerik Plaxis 2D dengan *prescribed displacement* $U_n = 12,5$ cm (0,25D) memberikan grafik

distribusi eksese tekanan air pori yang sesuai dengan perhitungan berdasarkan teori dari Lo dan Stermac (Pers. 1) dan teori dari Randolph dkk (pers. 3). Hal ini menunjukkan bahwa parameter tanah kuat geser *undrained* C_u , dan modulus geser G seperti yang telah dirumuskan oleh Lo dan Stermac (pers. 1) dan Randolph dkk (Pers. 3) berpengaruh terhadap nilai eksese tekanan air pori. Hasil Plaxis 2D lebih mendekati hasil perhitungan menggunakan teori dari Randolph dkk (Pers. 3), hal ini karena model material yang diterapkan pada simulasi numerik dalam makalah ini menggunakan model Mohr-Column dengan material *elastic perfectly plastic* sedangkan teori dari Randolph dkk (pers. 3) juga berdasarkan pada material *elastic perfectly plastic*.

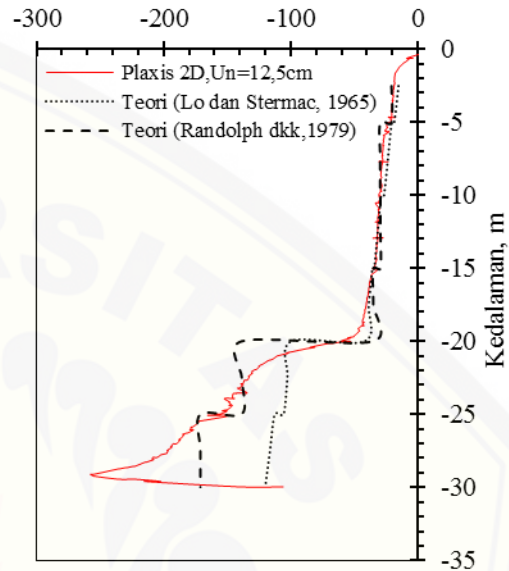
Distribusi horisontal eksese tekanan air pori di kedalaman 25m (Gambar 4) menunjukkan bahwa eksese tekanan air pori menurun saat jarak semakin jauh dari titik pemancangan. Nilai eksese tekanan air pori sangat kecil pada jarak radial r sekitar $10r_0 = 2,5$ m. Di kedalaman 25 m, nilai eksese tekanan pori adalah 170 kPa dan 69 kPa untuk jarak radial 1 m dan 2 m dari pusat tiang.

Rasio eksese tekanan air pori Δu terhadap tegangan efektif vertikal σ'_{v0} dapat dikorelasikan dengan jarak radial r seperti pada Gambar 5. Notasi r dan r_0 adalah jarak radial dari titik tiang dan jari-jari tiang.

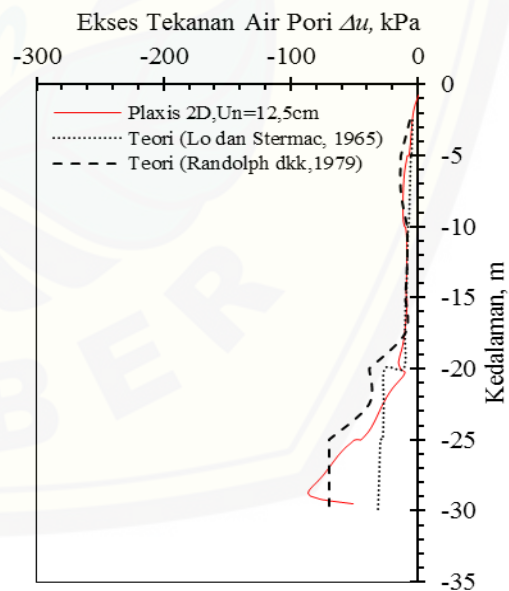
Hasil simulasi numerik Plaxis 2D dan perhitungan (Pers. 1 dan Pers. 3) di plot pada gambar tersebut, dimana sebelumnya hasil dari beberapa peneliti telah disajikan kembali oleh Jun (2012).

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil simulasi numerik Plaxis 2D dan perhitungan (Pers. 1 dan Pers. 3) masih dalam lingkup batasan (*range*) yang ada.

Eksese Tekanan Air Pori Δu , kPa

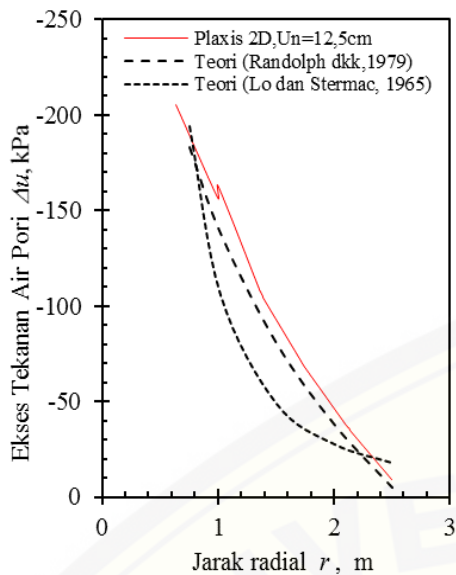


(a)



(b)

Gambar 3. Distribusi Vertikal Eksese Tekanan Air Pori pada jarak r : (a) 1m dan (b) 2m

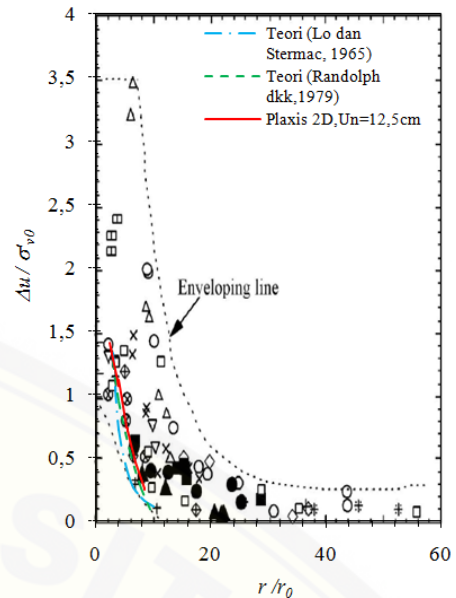


Gambar 4. Distribusi Horizontal Eksek Tekanan Air Pori pada kedalaman 25 m

Gambar 6a menunjukkan perpindahan radial tanah pada jarak 1 m dari pusat tiang. Gambar 6b adalah hubungan rasio perpindahan radial dengan jarak radial. Hasil simulasi numerik Plaxis 2D dengan *prescribed displacement* $U_n=12,5\text{cm}$ ($0,25D$) menghasilkan nilai perpindahan tanah arah radial yang cukup sesuai saat dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan teori dari Carter dkk (Pers. 5) dengan selisih perbedaan antara 5%-30% bervariasi pada setiap kedalaman sampai $0,8L$ dimana L adalah panjang tiang.

b. Simulasi-2

Setelah data dari Pestana dkk (2002) diolah, maka dilakukan perhitungan analisis numerik. Hasil Plaxis 2D (Gambar 7) dengan *prescribed displacement* $U_n=15\text{cm}$ ($0,25D$) menghasilkan tren peningkatan tekanan air pori yang cukup sesuai saat dibandingkan dengan pengukuran peningkatan tekanan air pori secara eksperimen yang dilakukan oleh Pestana dkk (2012).



Note:

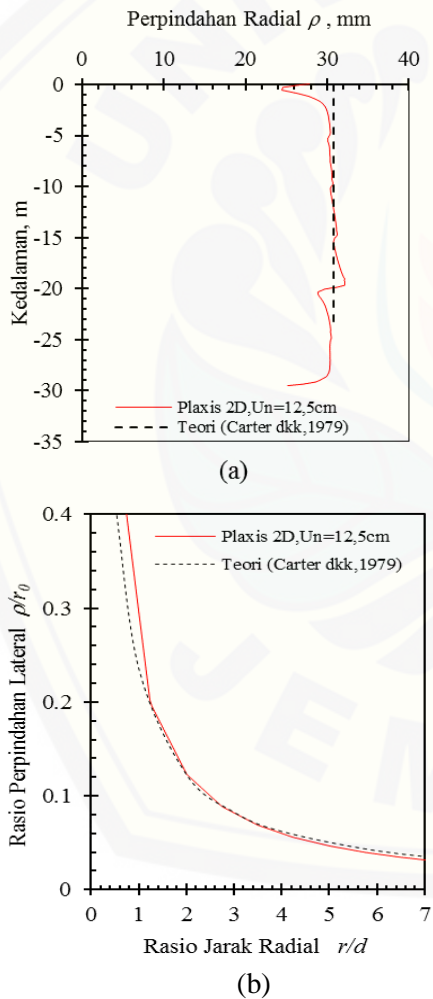
- Reese and seed, soft clay, driven close-ended model pile, 1955
- Bjerrum and Johannessen, marine clay, driven steel pile, 1960
- ◇ Sodennan and Milligan, varved clay, driven pile, 1961
- Lo and Stermac, soft/firm silt/clay, driven close-ended/H pile, 1965
- * D'Appolonia and Lambe, Boston blue clay, driven pile, 1971
- ▽ Hwang et al., underconsolidated clay, driven pile, 1994
- × Hwang et al., gray silty sand, driven PC pile, 2001
- △ Hwang et al., soft clay, driven PC pile, 2001
- Pestana et al., Young Bay Mud, driven steel pipe pile, 2002
- ⊕ Tang et al., soft clay, driven steel pipe pile, 2002
- + Xu et al., soft clay, vibro-driven pile, 2006
- , ▲, ● Jun et al., Clay silt, Jacked pile open-ended, 2012

Gambar 5. Variasi Rasio Eksek Tekanan Pori dengan Jarak Radial

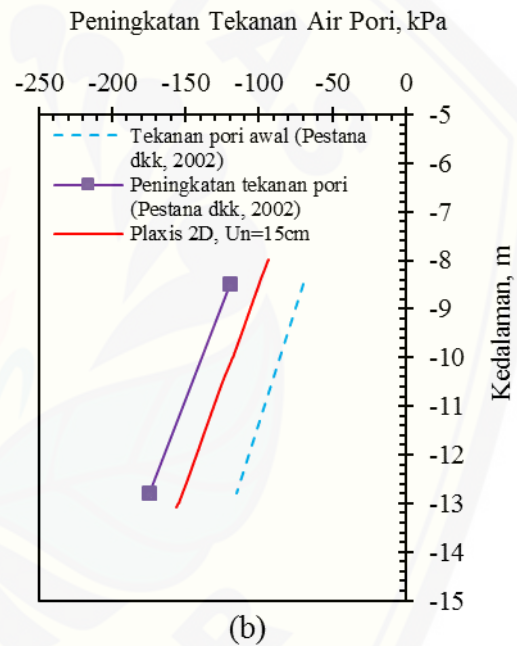
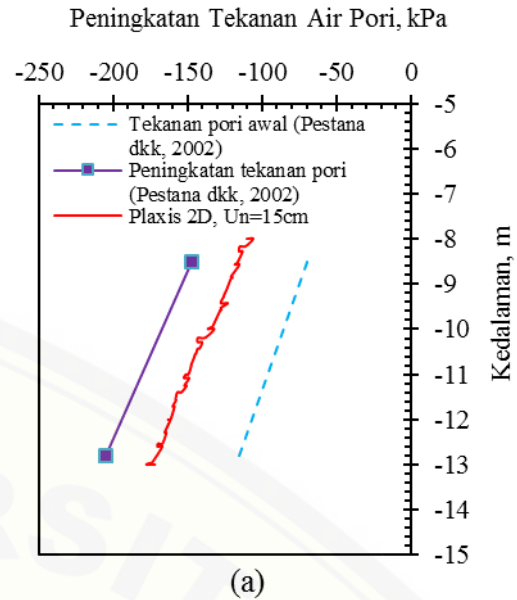
Eksek tekanan air pori hasil dari simulasi Plaxis 2D (Gambar 8) juga memberikan nilai yang sesuai saat dibandingkan dengan perhitungan Persamaan (3) dengan selisih perbedaan antara 5% - 30%, serta memberikan tren yang cukup sesuai dengan hasil data eksek tekanan air pori yang dari Pestana dkk (2012). Pada saat jarak radial r semakin jauh dari titik tiang maka nilai eksek tekanan air pori semakin mengecil.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa perpindahan tanah arah radial hasil dari simulasi Plaxis 2D dengan *prescribed displacement* $U_n=15\text{cm}$ ($0,25D$) meng-

hasilkan perpindahan radial yang sesuai saat dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan teori dari Carter dkk (Pers. 5) dengan selisih perbedaan antara 5% - 30%, serta memberikan tren distribusi perpindahan radial yang cukup sesuai saat dibandingkan dengan hasil pengukuran eksperimen yang dilakukan oleh Pestana dkk (2012), dimana pada eksperimen tersebut inklinometer berada pada jarak 1 m dari pusat tiang untuk bagian atas dan 1,3 m dari pusat tiang untuk bagian bawah inklinometer.



Gambar 6. (a) Perpindahan Radial pada jarak $r=1\text{m}$ dan (b) Rasio Perpindahan Radial.



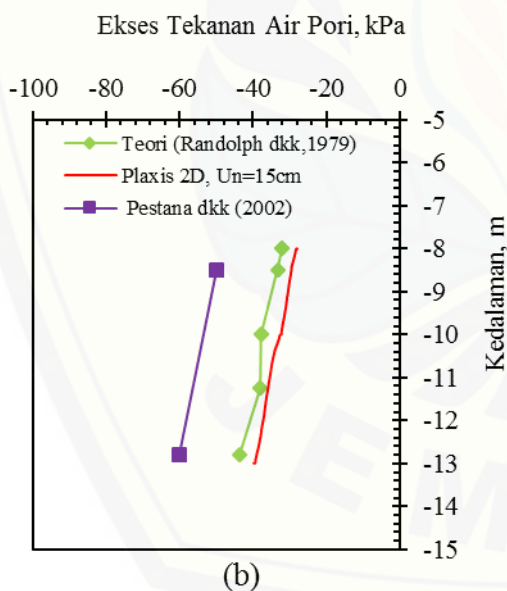
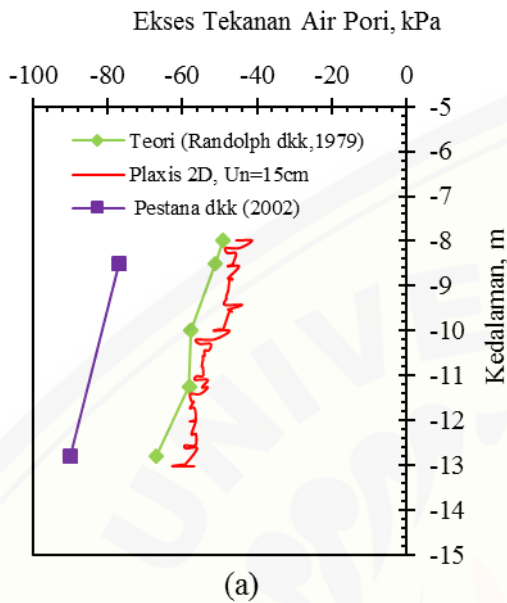
Gambar 7. Peningkatan Tekanan Air Pori jarak: (a) 0,9m dan (b) 1,5m

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Hasil Simulasi-1 dan Simulasi-2 dengan *prescribed displacement* sebesar $0,25D$ (12,5cm dan 15cm) menghasilkan nilai eksese tekanan air pori yang cukup sesuai dengan

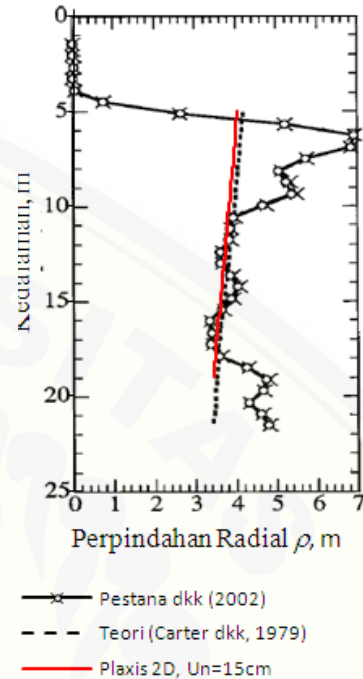
perhitungan berdasarkan teori dari Randolph dkk dan menghasilkan nilai perpindahan radial yang sesuai dengan perhitungan berdasarkan teori dari Carter dkk.



Gambar 8. Ekses Tekanan Air Pori, jarak: (a) 0,9m dan (b) 1,5m

2. Selisih perbedaan antara hasil simulasi numerik dan perhitungan berdasarkan teori untuk nilai ekses tekanan pori dan nilai perpindahan radial adalah 5% - 30%, presentase

tersebut bervariasi pada setiap kedalaman sampai dengan kedalaman sebesar $0,8 L$, dimana L adalah panjang penetrasi tiang pada saat pemancangan.



Gambar 9. Perbandingan Perpindahan Radial Hasil Analisis Plaxis 2D dengan Hasil Pengukuran Lapangan oleh Pestana dkk (2002).

3. Nilai ekses tekanan air pori dan perpindahan radial pada tanah semakin menurun seiring dengan semakin jauhnya jarak dari titik pemancangan.
4. Saat kedalaman penetrasi tiang semakin bertambah, maka nilai ekses tekanan air pori juga semakin meningkat.

Daftar Pustaka

Aas G, Lacasse S, Lunne T, Hoeg K., (1986), *Use of in situ tests for foundation design on clay*, In:

- Procs. IN-SITU'86; Blacksburg, pp. 1–30.*
- Broere, W and A. F. van Tol, (2006), *Modelling The Bearing Capacity of Displacement Piles in Sand. Proceeding of the institution of Civil Engineers - Delft University of Technology –Netherlands.*
- Chai, J.-C., Miura, N., and Koga, H., (2005), *Lateral displacement of ground caused by soil-cement column installation. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 131(5), 623–632.*
- Chai, J.-C., Miura, N., and Koga, H., (2007), *Closure to “Lateral displacement of ground caused by soil-cement column installation. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 133(1), 124–126. Co*
- D’Appolinia, D.J. & Lambe, T.W., (1971). *Performance of Four Foundations on End-Bearing Piles. J.S.M.F.D., ASCE, vol. 97, SM1: 77-93.*
- Francescon, M., (1983), *Model Pile Tests In Clay: Stresses and Displacements Due To Installation And Axial Loading. Ph.D. thesis, Cambridge University, Cambridge, U.K.*
- Jun-wei Liu, Zhong-miao Zhang, Feng Yu, dan Zhi-zhuan Xie, (2012), *Case History of Installing Instrumented Jacked Open-Ended Piles. American Society of Civil Engineers.*
- Maryono, (2014), Analisis Deformasi Tanah Dan Sheet Pile Akibat Pemancangan Tiang Pada Tanah Lunak. Tesis. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Lo, K.Y. & Stermac, A.G., (1965), *Induced Pore Pressures During Pile Driving Operations” Proc. 6th Int. Conf. S.M & F.E., vol. 2:149-155*
- Pestana J.M., Christopher E.H., and Bray J.D., (2002), *Journal of Geotechnical and Geoinvorenmental Engineering.*
- Pham Huy Dung, (2009), *Modelling of Installation Effect of Driven Piles by Hypoplasticity. MSc Thesis of Faculty of Civil Engineering & Geosciences Delft University of Technology – Netherlands.*
- Poulos and E.H. Davis, (1980), *Pile Foundation Analysis and Design. The University of Sydney.*
- Poulos, H.G., (1994), *Effect of Pile Driving On Adjacent Piles In Clay. Can. Geot. Jnl, Vol. 31, No. 6,856-867*
- Randolph, M. F., Carter, J. P., and Wroth, C. P., (1979), *Driven piles in clay - the effects of installation and subsequent consolidation. Geotechnique, 29(4), 361–393.*
- Satibi Syawal, Ayman Abed., Chuang Yu., Martino Leoni., Pieter A. Vermeer, (2007), *FE Simulation of Installation and Loading of Tube-Installed Pile. Universitat Stuttgart.*
- Vesic, A. S., (1972), *Expansion of cavities in infinite soil mass. J. Soil Mech. And Found. Div., 98(SM3), 265–290.*