

**SIMULASI PERILAKU PONDASI GABUNGAN TELAPAK
DAN SUMURAN DENGAN VARIASI KEDALAMAN
TELAPAK PADA TANAH LEMPUNG BERLAPIS**

*Behavioral Simulation on The Combination of Foot Plat and
Caisson Foundation Toward The Foot Plat Depth Varians
on Clay Soil Layered*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh:
ARI PURNOMO
NIM. I 0111014

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

SIMULASI PERILAKU PONDASI GABUNGAN TELAPAK DAN SUMURAN DENGAN VARIASI KEDALAMAN TELAPAK PADA TANAH LEMPUNG BERLAPIS

*Behavioral Simulation on The Combination of Foot Plat and Caisson
Foundation Toward The Foot Plat Depth Varians
on Clay Soil Layered*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh:

ARI PURNOMO
NIM. I 0111014

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan tim penguji pendadaran
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan dosen pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Niken Silmi Surjandari, ST, MT.

NIP. 19690903 199702 2 001

R. Harya Dananjaya H.I, ST, M.Eng.

NIP. 19850917 201404 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI PERILAKU PONDASI GABUNGAN TELAPAK DAN SUMURAN DENGAN VARIASI KEDALAMAN TELAPAK PADA TANAH LEMPUNG BERLAPIS

*Behavioral Simulation on The Combination of Foot Plat and Caisson
Foundation Toward The Foot Plat Depth Varians
on Clay Soil Layered*

SKRIPSI

Disusun oleh:

ARI PURNOMO
NIM. I 0111014

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada hari : Selasa
Tanggal : 22 Desember 2015

Dr. Niken Silmi Surjandari, ST,MT
NIP. 19690903 199702 2 001

R.Harya Dananjaya H.I, ST, M.Eng.
NIP. 19850917 201404 1 001

Ir. Noegroho Djarwanti, MT.
NIP. 19561112 198403 2 007

Yusep Muslih P, ST, MT, PhD.
NIP. 19680702 199502 1 001

Disahkan,
Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Wibowo, ST., DEA.
NIP. 19681007 199502 1 001

MOTTO

*“ Mintalah pertolongan dengan sabar dan sholat”
(Qur’an)*

*“Beribadahkanlah seakan itu ibadah terakhirmu dan Belajarlah seakan
hidupmu masih 1000 tahun lagi”
(Fulan)*

*“Pemuda memang minim pengalaman, karena dia menawarkan masa
depan bukan masa lalu”
(Anis Baswedan)*

PERSEMBAHAN

1. *Tuhanku, Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan berjuta-juta nikmat.*
2. *Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan, mendorong, serta memberi semangat tanpa henti.*
3. *Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan Raden Harya Dananjaya Hesti I., S.T, M.Eng. yang telah memberikan pengarahan, wawasan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.*
4. *Segenap kerabat dan teman-teman yang telah berbagi kebahagiaan, kebersamaan dan semangat.*

ABSTRAK

Ari Purnomo, 2015. **Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Telapak dan Sumuran dengan Variasi Kedalaman Telapak pada Tanah Lempung Berlapis**. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Perkembangan jumlah penduduk yang semakin banyak, mendorong pembangunan gedung-gedung bertingkat untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal. Gedung-gedung bertingkat ini termasuk bangunan dengan kategori beban menengah. Kenyataan ini juga ditambah dengan kondisi lahan yang masuk dalam kategori tanah lunak. Permasalahan utama bila suatu bangunan berada di atas tanah lunak adalah penurunan dan daya dukung. Solusi yang sering dilakukan adalah perbaikan tanah, namun hal ini tidak efektif untuk proyek kecil. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang model pondasi gabungan telapak dan sumuran (telasur). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku grafik penurunan terhadap beban, nilai daya dukung dan kontribusi tahanan dari model pondasi telasur. Model Pondasi telasur diharapkan bisa mengurangi nilai penurunan, memberikan nilai daya dukung dan tahanan pondasi yang lebih besar dibandingkan pondasi telapak dan sumuran.

Penelitian ini menggunakan data tanah lempung berlapis dengan karakteristik lempung sedang dan lempung kaku. Selanjutnya, data parameter *input* ini diolah dengan Plaxis 3D Foundation v1.5 untuk mendapatkan hasil berupa nilai penurunan dan tegangan. Pengaruh variasi kedalaman telapak 1,5 m; 1,6 m; 1,7 m; 1,8 m; 1,9 m dan 2,0 m terhadap nilai penurunan dan daya dukung pondasi telasur. Perhitungan daya dukung pondasi menggunakan metode interpretasi data dari grafik penurunan terhadap beban. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap tegangan kontak pondasi untuk mendapatkan prosentase sumbangan dari masing-masing bagian pondasi telasur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman telapak maka semakin kecil nilai penurunan yang diberikan. Hal ini diikuti adanya peningkatan nilai daya dukung ultimit netto. Semakin besar kedalaman telapak maka nilai tahanan pondasi telapak juga semakin besar. Prosentase tahanan telapak terhadap pondasi telasur menyumbang sekitar 25-28% sedangkan prosentase tahanan sumuran terhadap pondasi telasur menyumbang 72-75%.

Kata Kunci: Plaxis 3D Foundation, penurunan, daya dukung ultimit netto, tegangan kontak.

ABSTRACT

Ari Purnomo, 2015. *Behavioral Simulation on a Combination of Foot Plat and Caisson Foundations toward the Foot Plat Depth Variation on Layered Clay Soil*. Final Assignment. Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University.

The development of the number of people stimulates the development of the number of high buildings to meet residence need. These high buildings includes in a medium burden category. In addition, several area Indonesia are categorized as soft ground area. The main problem of a building laid on the soft ground is bearing capacity reduction. The common solution is soil improvement, whereas it is not effective for small project. Hence, investigation about footplate and caisson foundation models is conducted. This research aims to determine the graph behavior of load, capacity value, and contribution of the *telasur* model. The *telasur* foundation model is aimed to reduce the settlement, and increase the ultimate capacity of foundations.

This research uses layered soil i.e. medium and stiff clays. Furthermore, this data are calculated using Plaxis 3d Foundation v1.5 to get the settlement and stress. The footplate depth variations are 1.5 m; 1.6 m; 1.7 m; 1.8 m; 1.9 m and 2,0 m on the settlement and *telasur* foundation capacity.

The research results show that the greater depth footplate, the smaller settlement obtained. It is followed by an increase in ultimate net capacity of foundations. The greater footplate depth, the bigger footplate foundation resistance force are obtained. The footplate resistance force contributed about 25-28% of total sustained force and the caisson resistance force contributes 72-75%.

Keywords: Contact pressure, Plaxis 3D Foundation, settlement, ultimate capacity.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menyusun tugas akhir dengan judul “**Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Telapak dan Sumuran dengan Variasi Kedalaman Telapak Pada Tanah Lempung Berlapis**”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Wibowo, ST., DEA. selaku pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
2. Budi Yulianto, ST. M.Sc, Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademis.
3. Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I.
4. Raden Harya Dananjaya Hesti I., S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing II.
5. Ir. Noegroho Djarwanti, M.T. dan Yusep Muslih Purwana, S.T, M.T., Ph.D selaku penguji skripsi.
6. Hendro Wijayanto, Muhammad Fajar, Desta Fauzan, Cahyo, Fajar Shodiqin, Ihsan dkk, sahabat dan saudara seperjuangan menuntut ilmu..
7. Demarda Kalimanto, Prayogo Damarhadi N, Reza Satria Warman dan Pak Gimim serta Pak Subur yang menemani menjadi “ Guardian of Mektan”.
8. Habib Abdul Jabar W., Heri Affandi dan Muhammad Suhaemi selaku Team “ Skripsi Ayee ” pejuang telasur.
9. Segenap rekan mahasiswa S1 Reguler Angkatan 2011 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Surakarta, November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Pondasi Telapak (<i>Foot Plat</i>).....	8
2.2.2 Pondasi Sumuran (<i>Caisson</i>)	10

	Hal
2.2.3	Pondasi Gabungan Telapak dan Sumuran (Telasur) 11
2.2.4	Beban 12
2.2.5	Plaxis 3D Foundation.....12
2.2.6	Penurunan 13
2.2.7	Daya Dukung..... 14
2.2.8	Tegangan Kontak..... 16
2.2.9	Kontribusi Tegangan Kontak Pondasi..... 17
BAB 3	METODE PENELITIAN 20
3.1	Pengumpulan dan Penentuan Data 20
3.1.1	Parameter Tanah 20
3.1.1.1	Data Sekunder 20
3.1.1.1	Data Estimasi..... 21
3.1.2	Parameter Bahan Beton.....23
3.1.3	Variasi Kedalaman Pondasi Telapak.....24
3.2	Analisis Menggunakan Program Plaxis 3D..... 27
3.2.1	Perencanaan Geometri Model 3D 27
3.2.2	Parameter <i>Input</i>30
3.2.3	Penyusunan Elemen Hingga.....32
3.2.4	Penyusunan Fase dan Kalkulasi..... 33
3.2.5	Memunculkan Output.....34
3.3	Analisis Data 36
3.4	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....39
BAB 4	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN 40
4.1	Hasil Uji Tahapan Pembebanan 42
4.2	Hasil Uji Utama Penelitian..... 42
4.2.1	Penurunan Pondasi pada Tanah Lempung Berlapis.....46
4.2.2	Daya Ultimit Netto (Q_{un}) Pondasi pada Tanah Lempung

	Hal
Berlapis.....	44
4.2.3 Tegangan Kontak Pondasi pada Tanah Lempung Berlapis	47
4.3 Pembahasan.....	53
4.3.1 Penurunan Pondasi Telasur pada Tanah Lempung Berlapis..	53
4.3.2 Daya Dukung Ultimit Netto (Q_{un}) Pondasi Telasur pada Tanah Berlapis.....	54
4.3.3 Tegangan Kontak Pondasi Telasur pada Tanah Berlapis....	55
4.4 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya.....	56
4.5 Signifikasi Tanah Lempung Berlapis.....	63
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70
 PENUTUP	 71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1.	Peta Penelitian Pondasi Telasur	8
Tabel 3.1.	Data Parameter Tanah pada Simulasi Pondasi Gabungan.....	20
Tabel 3.2.	Estimasi Modulus Elastis (E).....	22
Tabel 3.3.	Estimasi Angka Poisson (ν).....	22
Tabel 3.4.	Parameter Material Tanah untuk Input Program Plaxis 3D Foundation	23
Tabel 3.5.	Parameter Bahan Beton pada Simulasi Pondasi Gabungan.....	23
Tabel 4.1.	Hasil Uji Tahapan Pembebanan	41
Tabel 4.2.	Rekapitulasi Hasil Penurunan Pondasi Telasur Variasi Kedalaman Telapak	42
Tabel 4.3.	Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Netto Pondasi Telasur.....	46
Tabel 4.4.	Rekapitulasi Tahanan Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak pada Beban 600 kN	49
Tabel 4.5.	Rekapitulasi Tahanan Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak pada Beban 700 kN	49
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Tahanan Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak pada Beban 800 kN	50
Tabel 4.7.	Rekapitulasi Tahanan Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak pada Beban 900 kN	50
Tabel 4.8.	Prosentase Kenaikan Nilai Q_{un} Pondasi Telasur Variasi Kedalaman Telapak	54
Tabel 4.9.	Rekapitulasi Perbandingan Hasil Penurunan Pondasi Telasur	57
Tabel 4.10.	Rekapitulasi Perbandingan Daya Dukung Ultimit Netto (Q_{un}) Pondasi Telasur A dan Pondasi Telasur B	59
Tabel 4.11.	Rekapitulasi Perbandingan Tahanan Pondasi Telasur A dan Pondasi	
		Hal

	Telasur B pada Beban 600 kN.....	61
Tabel 4.12.	Rekapitulasi Perbandingan Tahanan Pondasi Telasur A dan Pondasi Telasur B pada Beban 700 kN.....	61
Tabel 4.13.	Rekapitulasi Perbandingan Tahanan Pondasi Telasur A dan Pondasi Telasur B pada Beban 800 kN.....	61

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Pondasi Telapak	9
Gambar 2.2 Pondasi Sumuran	10
Gambar 2.3 Model Plaxis 3D Foundation.....	13
Gambar 2.4 Karakteristik Grafik Penurunan Terhadap Beban Tanah Lempung14	
Gambar 2.5 Interpretasi Q_u dengan Metode De Beer.....	15
Gambar 2.6 Interpretasi Q_u dengan Metode Hoy's, Metode Butler dan Hoy... 15	
Gambar 2.7 Tegangan Kontak di Bawah Pondasi Telapak.....	17
Gambar 2.8 Tegangan Kontak pada Pondasi Sumuran.....	17
Gambar 2.9 Diagram Tegangan <i>Combined Pile Raft Foundation (CPRF)</i>	18
Gambar 2.10 Diagram Interaksi <i>Combined Pile Raft Foundation (CPRF)</i>	19
Gambar 3.1 Sketsa Pondasi (a) Telapak (b) Sumuran (c) Gabungan Telapak dan Sumuran (telasur)	25
Gambar 3.2 Profil Tanah dan Pondasi Gabungan Telasur.....	26
Gambar 3.3 Pengaturan <i>Project</i> dan <i>Dimensions</i>	27
Gambar 3.4 Pengaturan Bentuk dan Ukuran Geometri Model	28
Gambar 3.5 Pengaturan model pada <i>Workplanes</i> dan <i>Boreholes</i>	28
Gambar 3.6 Pemodelan Pondasi Telapak Menggunakan <i>Toolbars Floor</i>	29
Gambar 3.7 Pemodelan Pondasi Sumuran Menggunakan <i>Tools Piles</i>	29
Gambar 3.8 Pemodelan Pondasi Telasur.....	30
Gambar 3.9 <i>Material Sets</i>	30
Gambar 3.10 Parameter <i>Input</i> Tanah (a) <i>General</i> (b) <i>Parameters</i>	31
Gambar 3.11 Parameter <i>Input</i> Tanah (a) <i>General</i> (b) <i>Parameters</i>	31
Gambar 3.12 Komponen <i>Input</i> Struktural (a) <i>Floor</i> (b) <i>Wall</i>	31
Gambar 3.13 Jaring-Jaring Elemen 2 Dimensi	32
Gambar 3.14 Jaring-Jaring Elemen 3 Dimensi	32
Gambar 3.15 (a) Pengaturan Umum pada Fase Perhitungan dan (b) Pengaturan Parameter pada Fase Perhitungan.....	33
Gambar 3.16 Proses Perhitungan untuk 21 fase.....	33
Gambar 3.17 <i>Output</i> Perhitungan (a) Jaring-jaring yang Terdeformasi	34

	Hal
Gambar 3.18 Grafik Daya Dukung Ultimit Neto Variasi Kedalaman Telapak dan (b) Perpindahan Total	34
Gambar 3.19 Tabel <i>Output</i> Penurunan Pondasi	35
Gambar 3.20 <i>Output</i> Perhitungan <i>Total Mean Stress</i>	35
Gambar 3.21 Tabel output <i>Total Mean Stress</i>	36
Gambar 3.22 Penggambaran ¼ Tegangan Bawah Telapak Bagian Luar Sumuran dan Penghitungan Volume menggunakan SketchUp 8	37
Gambar 3.23 Penggambaran ¼ Tegangan Bawah Telapak Bagian Dalam Sumuran dan Penghitungan Volume menggunakan SketchUp 8...	38
Gambar 3.24 Diagram Alir Penelitian Tahap.....	39
Gambar 4.1 Grafik Hasil Penurunan Pondasi Telapak, Sumuran, dan Telasur 1	43
Gambar 4.2 Grafik Hasil Penurunan Pondasi Telasur pada Variasi Kedalaman Telapak	44
Gambar 4.3 Grafik Interpretasi data dengan metode De Beer	45
Gambar 4.4 Grafik Interpretasi data dengan metode Mazurkiewicz	45
Gambar 4.5 Grafik Daya Dukung Ultimit Netto (Q_{un}) Metode De Beer (1967)	46
Gambar 4.6 Grafik Daya Dukung Ultimit Netto (Q_{un}) Metode Mazurkiewicz (1972)	47
Gambar 4.7 Total Tahanan Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak	51
Gambar 4.8 Sumbangan Nilai Tahanan Telapak pada Pondasi Telasur	51
Gambar 4.9 Sumbangan Nilai Tahanan Sumuran pada Pondasi Telasur.....	52
Gambar 4.10 Prosentase Kontribusi Tahanan Pondasi untuk Pondasi Telasur dengan Variasi Kedalaman Telapak.....	52
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Hasil Penurunan Pondasi Telasur A dan Pondasi Telasur B.....	58
Gambar 4.12 Sketsa Pondasi dan Profil Tanah	64
Gambar 4.13 Grafik Penurunan Variasi Profil Tanah.....	65
Gambar 4.14 Distribusi Tegangan Geser Selimut Luar Sumuran Tanah <i>Clay 1</i> dan <i>Clay 2</i>	66

	Hal
Gambar 4.15 Distribusi Tegangan Geser Selimut Luar Sumuran Tanah <i>Clay 1-2</i> ..	
.....	67
Gambar 4.16 Distribusi Tegangan Geser Selimut Luar Sumuran <i>Clay 2-1</i>	68

DAFTAR RUMUS

	Hal
Rumus 2.1. Mencari Besar Tegangan Kontak Pondasi Dangkal.....	9
Rumus 2.2. Mencari Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran	11
Rumus 2.3. Mencari Tahanan Pondasi Rakit.....	17
Rumus 2.4. Mencari Tahanan Pondasi Tiang	17
Rumus 2.5. Mencari Tahanan Total <i>CPRF</i>	17
Rumus 3.1. Mencari Nilai Berat Isi Tanah Basah (γ_b).....	21
Rumus 3.2. Mencari Nilai Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat})	21

DAFTAR NOTASI

A	= Luas (m^2)
B	= Lebar Pondasi Telapak (m)
c	= Nilai kohesi tanah (kN/m^2)
D	= Diameter Sumuran (m)
d	= Tebal pelat (m)
D_f	= Kedalaman Telapak (m)
e	= Angka Pori
E	= Modulus Elastisitas (kN/m^2)
f_s	= Faktor Gesek Satuan Antara Tanah dengan Dinding (kN/m^2)
G_s	= <i>Specific gravity</i>
IP	= Plastis Indeks (%)
I_x	= momen inersia terhadap sumbu x
I_y	= momen inersia terhadap sumbu y
K_0	= Koefisien tekanan diam
LL	= Batas Cair (%)
L_p	= Panjang Sumuran (m)
M_x	= momen terhadap sumbu x
M_y	= momen terhadap sumbu y
n	= Porositas
P	= Beban (kN)
PL	= Batas Plastis (%)
Q_b	= Tahanan Ujung Tiang (kN)
Q_s	= Tahanan Selimut Tiang (kN)
Q_u	= Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi (kN)
Q_{un}	= Kapasitas Dukung Ultimit Neto Pondasi (kN)
q_u	= Daya Dukung Ultimit Pondasi (kN/m^2)
q_{un}	= Daya Dukung Ultimit Neto Pondasi (kN/m^2)
q_c	= Tahanan Konus (kN/m^2)
R_{inter}	= Faktor Reduksi <i>Interface</i>
R_{pile}	= Tahanan Pondasi Tiang (kN)

R_{raft}	= Tahanan Pondasi Raft (kN)
w	= Kadar air tanah (%)
W_b	= Berat Ujung Kaison (apabila ada pembesaran ujung) (kN)
W_s	= Berat Tubuh Kaison (kN)
σ	= Tegangan Tanah (kN/m ²)
ν	= Angka poisson
φ	= Sudut gesek dalam (°)
ψ	= Sudut dilatasi (°)
γ_b	= Berat volume tanah basah (kN/m ³)
γ_{beton}	= Berat volume beton (kN/m ³)
γ_{sat}	= Berat volume tanah jenuh (kN/m ³)