

**ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN MUKA AIR TANAH
PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN
PERKUATAN GEOSINTETIK, *SHEAR KEY*, DAN TIANG
PANCANG MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

*Analysis of the Effect of Groundwater Depth on Embankment Above Soft Soil with
Geosynthetic, Shear Key, and Pile Reinforcement using Finite Element Method*

SKRIPSI

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta*



Disusun oleh :

**ABDURRAHMAN ZUHRI
I 0115002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN MUKA AIR TANAH PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN GEOSINTETIK, *SHEAR KEY*, DAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Analysis of the Effect of Groundwater Depth on Embankment Above Soft Soil with
Geosynthetic, Shear Key, and Pile Reinforcement using Finite Element Method*

SKRIPSI



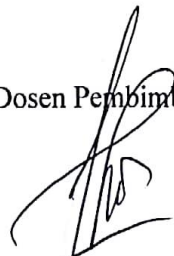
Disusun oleh :

ABDURRAHMAN ZUHRI
I 0115002

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendarasan Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan :

Dosen Pembimbing I



Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 19690717 199702 1 001

Dosen Pembimbing II



Ir. Noegroho Djarwanti, M.T.
NIP. 19561112 198403 2 007

PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN MUKA AIR TANAH PADA
TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN
GEOSINTETIK, *SHEAR KEY*, DAN TIANG PANCANG
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA



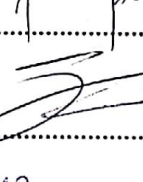
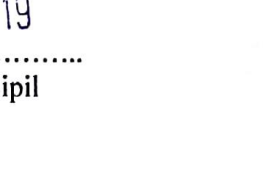
*Analysis of the Effect of Groundwater Depth on Embankment Above Soft
Soil with Geosynthetic, Shear Key, and Pile Reinforcement using Finite
Element Method*

Disusun Oleh

ABDURRAHMAN ZUHRI
I 0115002

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendarasan Program Studi
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 12 September 2019

Nama/NIP	Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T. NIP. 19690717 199702 1 001		
2. Ir. Noegroho Djarwanti, M.T. NIP. 19561112 198403 2 007		
3. Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. NIP. 19690903 199702 2 001		
4. R. Harya Dananjaya H. I., S.T., M.Eng NIP. 19850917 201404 1 001		

Disahkan,
Tanggal : 23 SEP 2019

Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS



Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T.
NIP. 19690903 199702 2 001

MOTTO



PERSEMBAHAN



*Skripsi ini ku persembahkan untuk:
Mamah, almarhum bapak, dan adekku Auliya..*

ABSTRAK

Abdurrahman Zuhri, 2019. Analisis Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah pada Timbunan di atas Tanah Lunak dengan Perkuatan Geosintetik, *Shear Key*, dan Tiang Pancang menggunakan Metode Elemen Hingga. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Tanah lunak memiliki karakteristik daya dukung yang sangat rendah, selain itu nilai kompresibilitasnya cukup tinggi dan waktu konsolidasi terjadi dalam waktu yang sangat lama. Penggunaan perkuatan geosintetik, *shear key*, dan tiang pancang berfungsi untuk meningkatkan stabilitas timbunan di atas tanah lunak. Air menjadi faktor utama yang sangat berpengaruh pada tanah lunak. Perbedaan kedalaman muka air tanah (MAT) memiliki pengaruh terhadap kestabilan timbunan yang telah diberi perkuatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kedalaman MAT terhadap stabilitas timbunan di atas tanah lunak yang telah diperkuat dengan perkuatan geosintetik, *shear key*, dan tiang pancang menggunakan metode elemen hingga (MEH). Parameter stabilitas tanah yang ditinjau pada penelitian ini meliputi nilai *SF*, *settlement*, tekanan air pori, dan tegangan efektif tanah. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah elevasi MAT pada tanah lunak. Penelitian ini bersifat kuantitatif melalui pengumpulan data sekunder dan analisis menggunakan program MEH.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan perkuatan geosintetik, *shear key*, dan tiang pancang akan meningkatkan stabilitas timbunan di atas tanah lunak, dengan urutan kenaikan nilai *SF* terhadap model tanpa perkuatan dari tertinggi ke yang terendah berturut-turut yaitu: tiang pancang, geosintetik, dan *shear key*. Semakin tinggi elevasi MAT, nilai *SF* yang dihasilkan akan semakin kecil. Rata-rata penurunan nilai *SF* terhadap kenaikan elevasi MAT dari yang terbesar ke yang terkecil berturut-turut yaitu: tiang pancang, geosintetik, dan *shear key*.

Kata kunci: tanah lunak, muka air tanah, geosintetik, *shear key*, tiang pancang

ABSTRACT

Abdurrahman Zuhri, 2019. *Analysis of the Effect of Groundwater Depth on Embankment Above Soft Soil with Geosynthetic, Shear Key, and Pile Reinforcement using Finite Element Method.* Thesis of Civil Engineering Department of Engineering Faculty of Sebelas Maret University, Surakarta.

Soft soils have very low bearing capacity, high compressibility, and very long consolidation time. The use of geosynthetic reinforcement, shear key, and pile functions to increase the stability of the embankment on soft soil. Water is the main factor that is very influential on soft soils. The difference in the depth of the ground water level has an effect on the stability of the embankment that has been given reinforcement.

The purpose of this study was to determine the effect of the depth of the ground water level on the stability of the embankment on soft soils that has been strengthened by geosynthetic reinforcement, shear key, and piles using the finite element method (FEM). Soil stability parameters reviewed in this study include SF values, settlement, pore pressure, and effective stress. The variation used in this study is the elevation of ground water level on soft soils. This research is quantitative through secondary data collection and analysis using the FEM program.

The results of this study indicate that the use of geosynthetic reinforcement, shear key, and pile will increase the stability of the embankment on soft soil, in the order of the increase in SF value of the model without reinforcement from the highest to the lowest, i.e: pile, geosynthetic, and shear key. The higher the ground water level elevation, the smaller the SF value generated. The average decrease in SF value against ground water level elevation increases from the largest to the smallest in a row, i.e: pile, geosynthetic, and shear key.

Keywords: *soft soil, ground water level, geosynthetic, shear key, pile*

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat, karunia, dan anugrah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah pada Timbunan di atas Tanah Lunak dengan Perkuatan Geosintetik, *Shear Key*, dan Tiang Pancang menggunakan Metode Elemen Hingga”** guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta staf,
2. Bapak Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I,
3. Ibu Ir. Noegroho Djarwanti M.T. selaku dosen pembimbing II,
4. Ibu Ir. Siti Qomariyah M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik,
5. Orang tua atas segala doa, semangat, dan dukungannya kepada penulis dalam pengerjaan skripsi,
6. Saudari Sonia Harliani atas segala bantuan dan dukungannya,
7. Teman-teman Sipil 2015 yang selalu membantu dan memberikan semangat demi kelancaran penulisan skripsi dan,
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Agustus 2019

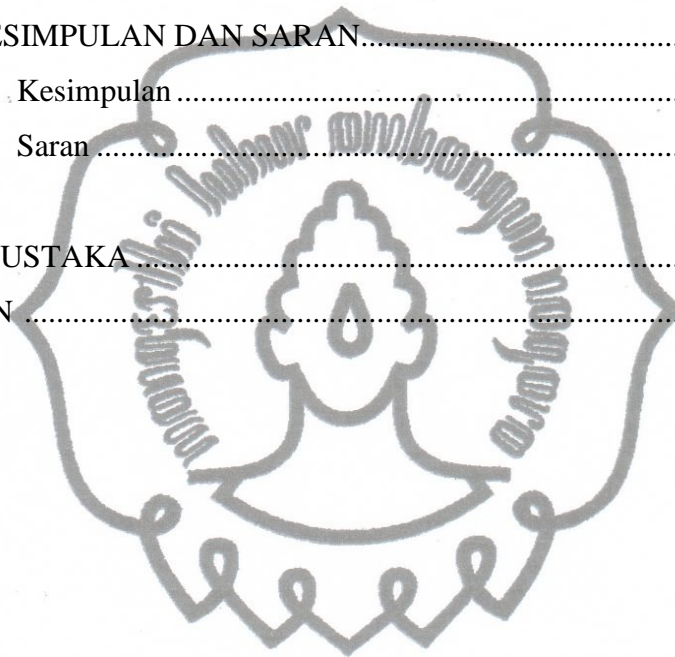
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Tanah Lunak	7
2.2.2 Tanah sebagai <i>Subgrade</i> Perkerasan Jalan	9
2.2.2.1 Klasifikasi Tanah berdasarkan Sistem USCS	9
2.2.2.2 Klasifikasi Tanah berdasarkan Sistem AASHTO..	11
2.2.3 Beban Lalu Lintas	14
2.2.4 Pengaruh Kedalaman MAT pada Tanah Lunak	15

2.2.5 Pengaruh Kedalaman MAT pada Timbunan	16
2.2.6 Pengaruh Kedalaman MAT pada tiap Perkuatan.....	16
2.2.6.1 Geosintetik	16
2.2.6.2 <i>Shear Key</i>	17
2.2.6.3 Tiang Pancang.....	17
2.3 Metode Elemen Hingga (MEH).....	18
2.3.1 Model Mohr Coulumb	18
2.3.2 <i>Water Condition</i>	19
2.3.3 Tegangan Tanah Efektif dan Tekanan Air Pori	19
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Umum	21
3.2 Pengumpulan Data dan Pemodelan	21
3.2.1 Pengumpulan Data.....	21
3.2.1.1 Parameter Tanah	22
3.2.1.2 Klasifikasi Tanah	23
3.2.1.2 Parameter Perkerasan Jalan.....	23
3.2.1.3 Data Pembebanan.....	24
3.2.1.4 Variasi Kedalaman Muka Air Tanah (MAT).....	24
3.2.2 Pemodelan.....	25
3.2.2.1 Model Tanpa Perkuatan	25
3.2.2.2 Model Perkuatan Geosintetik.....	26
3.2.2.3 Model Perkuatan <i>Shear Key</i>	27
3.2.2.4 Model Perkuatan Tiang Pancang	29
3.3 Analisis Metode Elemen Hingga (MEH).....	31
3.4 Hipotesis	32
3.5 Diagram Alir Penelitian	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Pemodelan	34
4.1.1 Tanpa Perkuatan	34
4.1.2 Perkuatan Geosintetik.....	39

4.1.3 Perkuatan <i>Shear Key</i>	44
4.1.4 Perkuatan Tiang Pancang.....	49
4.2 Pembahasan	54
4.2.1 Tekanan Air Pori / <i>Pore Water Pressure (u)</i>	54
4.2.2 Tegangan Efektif / <i>Effective Stress (σ')</i>	55
4.2.3 Penurunan / <i>Sattlement (S)</i>	58
4.2.4 Angka keamanan / <i>Safety Factor (SF)</i>	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Korelasi antara kadar air, daya dukung ultimit, dan kedalaman pembasahan (Alwan, 2010).....	5
Gambar 2.2	Pengaruh MAT pada daya dukung ultimit tanah tanpa perkuatan (Rusdiansyah, 2011)	6
Gambar 2.3	Pengaruh MAT pada daya dukung ultimit tanah dengan perkuatan (Rusdiansyah, 2011).....	6
Gambar 2.4	Grafik hubungan nilai LL dan PI (Bowles, 1993).....	11
Gambar 2.5	Grafik batas Atterberg untuk kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 (Das, 1995)	12
Gambar 2.6	Contoh distribusi beban sumbu tiap roda kendaraan	14
Gambar 3.1	Distribusi beban sumbu tiap roda kendaraan	24
Gambar 3.2	Pemodelan pembebanan	24
Gambar 3.3	Pemodelan pengaruh kedalaman MAT pada model tanpa perkuatan	25
Gambar 3.4	Pemodelan pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan geosintetik	27
Gambar 3.5	Pemodelan pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan <i>shear key</i>	29
Gambar 3.6	Pemodelan pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan tiang pancang	31
Gambar 3.7	Diagram alir tahapan penelitian	33
Gambar 4.1	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tekanan air pori pada pemodelan tanpa perkuatan	35
Gambar 4.2	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tegangan efektif pada pemodelan tanpa perkuatan	36
Gambar 4.3	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>settlement</i> pada pemodelan tanpa perkuatan	37
Gambar 4.4	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>SF</i> pada pemodelan tanpa perkuatan	38

Gambar 4.5	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tekanan air pori pada pemodelan geosintetik	40
Gambar 4.6	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tegangan efektif pada pemodelan geosintetik	41
Gambar 4.7	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>settlement</i> pada pemodelan geosintetik	42
Gambar 4.8	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>SF</i> pada pemodelan geosintetik	43
Gambar 4.9	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tekanan air pori pada pemodelan <i>shear key</i>	45
Gambar 4.10	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tegangan efektif pada pemodelan <i>shear key</i>	46
Gambar 4.11	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>settlement</i> pada pemodelan <i>shear key</i>	47
Gambar 4.12	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>SF</i> pada pemodelan <i>shear key</i>	48
Gambar 4.13	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tekanan air pori pada pemodelan tiang pancang	50
Gambar 4.14	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tegangan efektif pada pemodelan tiang pancang	51
Gambar 4.15	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>settlement</i> pada pemodelan tiang pancang	52
Gambar 4.16	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>SF</i> pada pemodelan perkuatan tiang pancang	53
Gambar 4.17	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tekanan air pori pada semua model	54
Gambar 4.18	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai tegangan efektif pada semua model	56
Gambar 4.19	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>settlement</i> pada semua model	58
Gambar 4.20	Hubungan pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai <i>SF</i> pada semua model	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS (Hardiyatmo, 1996)	10
Tabel 2.2	Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO (Das, 1995) ...	12
Tabel 2.3	Klasifikasi kelas jalan berdasarkan RSNI T-14-2004	14
Tabel 3.1	Data parameter tanah pada <i>input</i> program MEH	22
Tabel 3.2	Data parameter perkerasan jalan pada input program MEH	23
Tabel 3.3	Spesifikasi material geosintetik	26
Tabel 3.4	Hasil <i>output</i> program MEH pada pemodelan perkuatan geosintetik dengan elevasi MAT -25,000 m	26
Tabel 3.5	Data material <i>shear key</i>	28
Tabel 3.6	Hasil <i>output</i> program MEH pada pemodelan perkuatan <i>shear key</i> dengan elevasi MAT -25,000 m	28
Tabel 3.7	Data material tiang pancang	30
Tabel 3.8	Hasil <i>output</i> program MEH pada pemodelan perkuatan tiang pancang dengan elevasi MAT -25,000 m	30
Tabel 3.9	<i>Contruction stage</i> pada pemrograman MEH	32
Tabel 4.1	Rekapirulasi hasil <i>output</i> pengaruh kedalaman MAT pada model tanpa perkuatan menggunakan program MEH.....	34
Tabel 4.2	Rekapirulasi hasil <i>output</i> pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan geosintetik menggunakan program MEH.....	39
Tabel 4.3	Rekapirulasi hasil <i>output</i> pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan <i>shear key</i> menggunakan program MEH	44
Tabel 4.4	Rekapirulasi hasil <i>output</i> pengaruh kedalaman MAT pada model perkuatan tiang pancang menggunakan program MEH.....	49
Tabel 4.5	Matriks tekanan air pori, tipe model, dan kedalaman MAT.....	54
Tabel 4.6	Matriks tegangan efektif, tipe model, dan kedalaman MAT.....	55
Tabel 4.7	Matriks <i>settlement</i> , tipe model, dan kedalaman MAT	58
Tabel 4.8	8 Matriks <i>SF</i> , tipe model, dan kedalaman MAT	60

DAFTAR NOTASI

AASHTO	= <i>American Association Of State Highway and Transporting Official</i>
BCR	= <i>Bearing capacity ratio</i>
CBR	= <i>California bearing ratio</i>
c_{ref}	= Kohesi
d	= Ketebalan beton
e	= Angka pori
EA	= Kekakuan
EI	= Kekakuan lentur
E_{ref}	= Modulus Young
$f'c$	= Mutu beton
F200	= Persen butiran lolos saringan no. 200
FEM	= <i>Finite element method</i>
GI	= Indeks kelompok (<i>group indeks</i>)
G_s	= Berat spesifik
k	= Koefisien rembesan
k_x	= Permeabilitas horizontal
k_y	= Permeabilitas vertikal
LL	= Batas cair (<i>liquid limit</i>)
MAT	= Muka air tanah
MEH	= Metode elemen hingga
OMC	= Kadar air optimum (<i>optimim moisture content</i>)
P	= Beban titik
PI	= Indeks plastisitas (<i>plasticity index</i>)
PL	= Batas plastis (<i>plastic limit</i>)
S	= Penurunan (<i>settlement</i>)
SF	= Angka aman (<i>safety factor</i>)
u	= Tekanan air pori (<i>pore water pressure</i>)
USCS	= <i>Unified Soil Classification System</i>
ν	= Angka Poisson

w	= Berat beton
γ	= Berat isi tanah
γ_{sat}	= Berat isi tanah jenuh
σ	= Tegangan total
σ'	= Tegangan efektif (<i>effective stress</i>)
ϕ	= Sudut gesek dalam
ψ	= Sudut dilatasi
γ_{unsat}	= Berat isi tanah tidak jenuh



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	DATA TANAH
LAMPIRAN B	KLASIFIKASI TANAH
LAMPIRAN C	HASIL <i>OUTPUT</i> PROGRAM MEH
LAMPIRAN D	SURAT-SURAT

