

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
KATA PENGANTAR	i
<i>ABSTRAK</i>	i
<i>ABSTRACT</i>	i
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Maksud dan Tujuan.....	5
BAB 2	6
2.1 Tanah Gambut.....	6
2.1.1 Ciri-Ciri Tanah Gambut	7
2.1.2 Jenis Tanah Gambut.....	8
2.1.3 Sifat Fisik Tanah Gambut	11
2.1.4 Manfaat Tanah Gambut Secara Umum dan Dampak Negatif dari Tanah Gambut Terhadap Bidang Konstruksi	14

2.2	Usaha-Usaha Perbaikan Tanah	15
2.3	Tegangan Vertikal Akibat Beban Titik.....	18
2.4	Tegangan Vertikal Akibat Beban Merata	18
2.5	Daya Dukung Tanah	23
2.6	Penurunan	24
2.6.1	Penurunan Elastis atau Immediate Settlement	24
2.6.2	Penurunan Satu Dimensi dari Konsolidasi Primer.....	28
2.6.3	Konsolidasi Sekunder.....	30
2.6.4	Laju Penurunan Konsolidasi	32
2.7	Metode Preloading + Prefabricated Vertical Drain	32
2.7.1	Tegangan vertikal akibat beban timbunan	33
2.7.2	Penurunan dan Kenaikan Kekuatan Tanah	34
2.7.3	<i>Prefabricated Vertical Drain</i>	35
2.3.1	Faktor waktu konsolidasi	37
2.3.2	Derajat konsolidasi.....	38
2.8	Metode Stone Column	39
2.8.1	Metode Pelaksanaan.....	40
2.8.2	Mesin dan Perlengkapan	43
2.8.3	Diameter <i>Stone Column</i> dan Konsep <i>Unit Cell</i>	44
2.8.4	<i>Area Replacement Ratio</i>	45
2.8.5	Konsentrasi Tegangan	45
2.8.6	Daya Dukung	47
2.8.7	Penurunan.....	47
2.9	Cerucuk Bambu/Kayu.....	48
2.9.1	Jenis-Jenis Kayu Cerucuk	49

2.9.2 Beban Maksimum Cerucuk.....	50
2.9.3 Daya Dukung	51
2.9.4 Penurunan.....	53
2.9.5 Ketersediaan Material	55
2.10 Micropile.....	57
2.10.1 Daya Dukung.....	59
2.10.2 Penurunan.....	60
2.11 Pembahasan.....	61
2.12 Metode Pelaksanaan.....	61
BAB 3	64
3.1 Diagram Alir Penelitian	64
3.2 Pembahasan Awal.....	66
3.3 Pengumpulan Data	66
3.4 Pengolahan Data	66
3.5 Pembahasan.....	66
BAB 4	68
4.1 Data Tanah dari Hasil Pengujian Laboratorium	68
4.2 Pembebanan	70
4.3 Beban Kendaraan	70
4.4 Beban Penampang Jalan	70
4.4.1 Tegangan Vertikal Akibat Beban.....	75
4.5 Tanpa Perbaikan Tanah.....	77
4.5.1 Penurunan Elastis	77
4.5.2 Konsolidasi Primer.....	79
4.5.3 Penurunan Sekunder.....	80

4.5.4	<i>Summary</i> Penurunan.....	83
4.6	Stone Column.....	83
4.6.1	Daya Dukung Stone Column	83
4.6.2	Penurunan Dengan Adanya Stone Column.....	83
4.7	Cerucuk Kayu	85
4.7.1	Daya Dukung Cerucuk Kayu	85
4.7.2	Penurunan Dengan Adanya Cerucuk Kayu.....	85
4.8	Micropile.....	86
4.8.1	Daya Dukung <i>Micropile</i>	86
4.8.2	Penurunan Dengan Adanya <i>Micropile</i>	87
4.9	<i>Summary</i>	89
4.9.1	<i>Summary</i> Daya Dukung	89
	Daya Dukung.....	89
	<i>Stone Column</i>	89
	Cerucuk Kayu	89
	<i>Micropile</i>	89
	Qu (kN/m ²)	89
	243.5514	89
	40.2124	89
	163.612	89
4.9.2	<i>Summary</i> Penurunan.....	89
BAB 5	92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tol Cikopo-Palimanan (Cipali) Ambles (suara.com, 2021)	2
Gambar 1.2 Tol Surabaya-Gempol Longsor (detikNews, 2021)	3
Gambar 1.3 Tol Kayu Agung-Palembang-Betung (KOMPAS.com, 2021).....	4
Gambar 2.1 Tanah Gambut (akurat.co, 2019).....	8
Gambar 2.2 Pengisian Danau Dangkal oleh Vegetasi Lahan Basah (Noor, 2001 mengutip van de Meene, 1982).....	10
Gambar 2.3 Pembentukan Gambut Topogen (Noor, 2001 mengutip van de Meene, 1982).	10
Gambar 2.4 Pembentukan Gambut Ombrogen di atas Gambut Topogen (Noor, 2001 mengutip van de Meene, 1982).....	10
Gambar 2.5 <i>Atterberg Limit</i> (Das, <i>Advanced Soil Mechanics</i> , 2008)	14
Gambar 2.6 Grafik Plastisitas (Matthew & Makarim, 2020).....	14
Gambar 2.7 Tegangan pada medium yang elastis akibat beban titik.....	18
Gambar 2.8 Tegangan vertikal akibat beban strip	19
Gambar 2.9 Variasi nilai $\Delta\sigma_z/q$ dengan z/B dan $\pm x/B$	22
Gambar 2.10 Kontur dari $\Delta\sigma_z/q$ di bawah beban strip	22
Gambar 2.11 Grafik hubungan qc dan N_{spt}	23
Gambar 2.12 Grafik hubungan qc dan c (Tanuwijaya, Kawanda, & Wijaya, 2019)	24
Gambar 2.13 Grafik hubungan ϕ dan faktor daya dukung Terzaghi (Hardiyatmo H. C., 2002).....	24
Gambar 2.14 Penurunan elastis atau fleksibel pada fondasi kaku	25
Gambar 2.15 Kurva hubungan indeks plastisitas, OCR dan faktor korelasi untuk E_s (USACE, 1992).....	28
Gambar 2.16 Sketsa penurunan akibat konsolidasi satu dimensi (Das, 2008).....	29

Gambar 2.17 Diagram hubungan void ratio dengan tegangan efektif yang diperoleh dengan tes oedometer dan indeks kompresi dan rekompresi (Das, 2008)	30
Gambar 2.18 Hubungan deformasi dengan waktu selama konsolidasi (Das, 2008)	31
Gambar 2.19 Beban timbunan (Das & Sobhan, Principles of Geotechnical Engineering, 2014)	33
Gambar 2.20 Grafik Osterberg untuk determinasi nilai tegangan vertikal akibat beban timbunan (Das & Sobhan, Principles of Geotechnical Engineering, 2014)	34
Gambar 2.21 Pola susunan PVD bujur sangkar (Mochtar, 2000)	36
Gambar 2.22 Pola susunan PVD segituga (Mochtar, 2000)	36
Gambar 2.23 <i>Equivalen diameter</i> (<i>dw</i>) untuk PVD (Mochtar, 2000)	37
Gambar 2.24 <i>Feed Vibro Replacement</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	40
Gambar 2.25 Pelaksanaan <i>Top Feed</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	41
Gambar 2.26 <i>Bottom Feed Vibro Displacement</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	42
Gambar 2.27 Pelaksanaan <i>Dry Bottom Feed</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	42
Gambar 2.28 <i>Vibrator</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	43
Gambar 2.29 Potongan <i>Vibrator</i> (FHWA-NHI-16-027, 2017)	44
Gambar 2.30 Variasi Pola dari <i>Stone Column</i> dan Idealisasi <i>Unit Cell</i>	44
Gambar 2.31 Distribusi Tegangan pada <i>Stone Column</i> dan tanah disekitar <i>Stone Column</i> (Sihombing)	46
Gambar 2.32 Kayu Dolken Gelam (karinov.co.id, 2018)	49
Gambar 2.33 Kayu Ulin (SenentangNews.com, 2017)	49
Gambar 2.34 Kayu Betangor (museumsangnilautama.riau.go.id, 2020)	50
Gambar 2.35 Faktor adhesi McClelland, 1974 (Hardiyatmo, 2015)	53
Gambar 2.36 Hubungan Komposisi Volume Tanah (Ir. Muhrozi)	54
Gambar 2.37 Detail <i>Micropile</i> (FHWA NHI-05-039 , 2005)	58
Gambar 2.38 Urutan Konstruksi <i>Micropile</i> (FHWA NHI-05-039 , 2005)	59
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	65
Gambar 4.1 Jenis Lapisan Tanah	68
Gambar 4.2 Gambar Detail Perkerasan Jalan Tol Malang-Pandaan	71

Gambar 4.3 Detail lapisan perkerasan jalan sisi pergi (kiri) dan sisi datang (kanan)	71
Gambar 4.4 Sketsa Pembebanan.....	72
Gambar 4.5 Sketsa jarak pusat beban terhadap titik tengah.....	72
Gambar 4.6 Sketsa jarak titik tumpu kendaraan terhadap titik tengah	72
Gambar 4.7 Diagram Hasil Akhir Penurunan	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Properti Geoteknik dari Lokasi yang Berbeda (Zainorabidin & Wijeyesekera, 2008).....	7
Tabel 2.2 Nilai <i>specific gravity</i> dari berbagai jenis tanah (Hardiyatmo H. C., 1992)	11
Tabel 2.3 Kadar air natural beberapa jenis tanah pada keadaan natural	12
Tabel 2.4 Nilai dari koefisien permeabilitas dari berbagai jenis tanah gambut (Mesri., Stark, Ajlouni, & Chen, 1997)	13
Tabel 2.5 Perbaikan Tanah Mekanis (Nasution, 2011).....	17
Tabel 2.6 Perbaikan Tanah dengan Perkuatan (Nasution, 2011).....	17
Tabel 2.7 Perbaikan tanah secara Hidrolis (Nasution, 2011).....	17
Tabel 2.8 Perbaikan tanah dengan bahan kimiawi (Nasution, 2011).....	17
Tabel 2.9 Hubungan antara $2z/B$ dan $2x/B$ terhadap $\Delta\sigma_z/q_0$ (Das & Sobhan, 2014)	20
Tabel 2.10 Lanjutan	21
Tabel 2.11 Variasi nilai I_f terhadap L/B dan D_f/B (Das & Sobhan, 2014)	26
Tabel 2.12 Nilai representatif dari modulus elastisitas tanah	27
Tabel 2.13 Nilai representatif dari rasio Poisson tanah.....	27
Tabel 2.14 Perbandingan Nilai C_h/C_v (Jamiołkowski, 1983)	38
Tabel 2.15 Model Persamaan Cerucuk Untuk Masing-masing Variasi Perlakuan (Rusdiansyah, 2016).....	50
Tabel 2.16 Lokasi hutan alam ulin di Kalimantan Timur	56
Tabel 2.17 Kerapatan ulin di berbagai lokasi hutan alam di Indonesia (Pradjadinata & Murniati, 2014).....	57
Tabel 2.18 Nilai K untuk berbagai jenis tanah (Lizzi, 1980).....	60
Tabel 2.19 Nilai I (Lizzi, 1980)	60
Tabel 4.1 Parameter Tanah Rekapitulasi (Matthew & Makarim, 2020).....	69
Tabel 4.2 Detail Desain Perencanaan (Saputro, 2018)	71
Tabel 4.3 Tabulasi pembebanan untuk jalan tol sisi datang.....	73

Tabel 4.4 Tabulasi pembebanan untuk jalan tol sisi pergi	74
Tabel 4.5 Tegangan vertikal akibat perkerasan dan bahu jalan	76
Tabel 4.6 Tegangan vertikal akibat median jalan	77
Tabel 4.7 Tegangan vertikal akibat beban kendaraan.....	77
Tabel 4.8 Perhitungan Es rata-rata untuk lapisan tanah gambut.....	78
Tabel 4.9 Perhitungan konsolidasi primer sisi datang.....	79
Tabel 4.10 Perhitungan konsolidasi primer sisi pergi.....	80
Tabel 4.11 Perhitungan penurunan sekunder sisi datang.....	81
Tabel 4.12 Perhitungan penurunan sekunder sisi pergi	81
Tabel 4.13 Penurunan tanpa perbaikan tanah	83
Tabel 4.14 Penurunan setelah dipasang <i>stone column</i>	84
Tabel 4.15 Penurunan setelah dipasang cerucuk kayu.....	86
Tabel 4.16 Penurunan setelah dipasang <i>micropile</i>	88
Tabel 4.17 <i>Summary</i> Daya Dukung	89
Tabel 4.18 <i>Summary</i> Penurunan	89
Tabel 4.19 Percobaan pemasangan <i>stone column</i> dengan pola pemasangan kotak	90
Tabel 4.20 Percobaan pemasangan <i>stone column</i> dengan pola pemasangan segitiga	90

DAFTAR NOTASI

σ'_c	=tekanan prakonsolidasi
σ'_o	=tekanan overburden efektif
H_{dr}	=panjang maksimum aliran drainase
T_v	=faktor waktu dari konsolidasi
q_n	=beban pada fondasi
u_0	=tekanan air pori berlebih inisial
u_z	=tekanan air pori pada kedalaman z
μ_0	=tergantung H/B dan L/B
μ_1	=tergantung D/B dan L/B
$\Delta\sigma$	=tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan yang ditinjau
$\Delta\sigma'$	=tambahan tegangan vertikal efektif
a	=Lebar PVD
A	=Luas penampang total 1 <i>unit cell</i>
ac	=Area <i>replacement ratio</i> tanah lunak
Ac	=luas penampang stone column
Ap	=luas penampang ujung bawah tiang
as	=area <i>replacement ratio</i>
as	=Area <i>replacement ratio stone column</i>
As	=luas selimut tiang
B	=lebar beban merata (m)
b	=Tebal PVD

B_g	=lebar tiang kelompok
c'	=nilai kohesi
C_l	=konstanta yang tergantung pada pola penyusunan <i>stone column</i>
C_c	=Indeks pemampatan
C_h	=Koefisien konsolidasi arah horizontal
C_s	=indeks pemampatan kembali
C_u	=kohesi tak terdainase
C_v	=Koefisien konsolidasi arah vertical
C_α	=indeks pemampatan sekunder
D	=diameter cerucuk, diameter <i>stone column</i>
D_f	=kedalaman fondasi
D_n	=diameter nominal (diameter lubang yang dibor)
d_w	=diameter ekuivalen PVD.
d_w	=Diameter ekuivalen
E	=modulus elastisitas tiang (cerucuk)
e_0	=angka pori awal
e_2	=angka pori setelah adanya penambahan tegangan vertikal
E_c	=tegangan pada <i>stone column</i> akibat beban luar
e_p	=angka pori di akhir konsolidasi primer
$E_{s(i)}$	=modulus elastisitas tanah pada kedalaman Δz
E_s	=tegangan pada tanah lunak disekeliling <i>stone column</i> akibat beban luar
F	=koefisien dari variasi modulus tanah
Fk_g	=faktor koreksi gabungan

F_m	=koefisien momen akibat gaya lateral P
H	=ketebalan lapisan tanah
I	=koefisien yang tergantung diameter tiang
I_2	=fungsi dari B_1/z dan B_2/z
I_f	=faktor kedalaman dari T tabel 2.11
I_s	=faktor geometri
K	=nilai gesekan rata-rata antara tiang dan tanah
L	=panjang tiang
L_g	=panjang tiang kelompok
$M_{p_{max}}$	=momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat P
N	=angka reduksi penurunan stone column
N_c, N_q, N_γ	=daya dukung Terzaghi
ϕ_c	=sudut geser dalam material
P	=besar beban yang diaplikasikan x_2
P_{max} (1 cerucuk)	=gaya horisontal maksimum yang diterima cerucuk
P_o	=tekanan <i>overburden</i> sebelum pembebanan
Q_b	=tahanan ujung bawah ultimit
Q_s	=tahanan gesek ultimit
Q_u	=kapasitas dukung ultimit neto
q_{ult}	=daya dukung tanah
R	=faktor konsentrasi tegangan
S	=Spacing antar <i>stone column</i>
S_c	=besarnya penurunan stone column
S_t	=besarnya penurunan tanah dasar
T	=waktu konsolidasi

t_1	=waktu yang dibutuhkan pada tahap konsolidasi primer
t_2	=waktu yang dibutuhkan pada tahap konsolidasi sekunder
T_h	=faktor waktu akibat konsolidasi radial
T_v	=faktor waktu akibat konsolidasi vertikal
U	=derajat konsolidasi
U_h	=Derajat konsolidasi arah horizontal/radial
U_v	=Derajat konsolidasi arah vertikal.
V	=volume awal total tanah sebelum ada cerucuk
V_c	=volume cerucuk
V_s	=volume butir awal sebelum ada cerucuk
X_D	=rasio D/T
X_n	=Jumlah Cerucuk
X_s	=spasi (S/D)
X_t	=rasio tancap (L/D)
Y_D	=persamaan pengaruh diameter cerucuk
Y_n	=persamaan pengaruh jumlah cerucuk
Y_s	=persamaan pengaruh spasi/jarak antar cerucuk
Y_t	=persamaan pengaruh rasio tancap cerucuk
Z	=jarak dari $z = 0$ ke tengah lapisan tanah
α	=faktor adhesi
$\Delta\sigma_v$	=tambahan tegangan tanah vertikal efektif
ΔC_u	=tambahan kuat geser tanah
Δe	=perubahan angka pori
ΔP	=Penambahan tekanan vertikal
Δz	=nilai terkecil antara H dan 5B

$\Delta\sigma$	=tekanan bersih yang diterima fondasi
$\Delta\sigma'$	=tambahan tegangan vertikal efektif
$\Delta\sigma_z$	=tegangan vertikal
μ_s	=rasio Poisson tanah
σ_1	=daya dukung <i>stone column</i>
σ_3	=tekanan tanah disekelilingnya
σ_0	=tegangan efektif sebelum penerapan beban ditengah lapisan
γ	=berat jenis tanah
μ_c	=ratio tegangan pada tanah lunak
μ_s	=ratio tegangan pada <i>stone column</i>
σ	=tegangan rata-rata di atas <i>unit cell</i> akibat beban luar