

TUGAS AKHIR

**PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK
DENGAN METODE VIBRO STONE COLUMN**

**STUDI KASUS: JALAN TOL YOGYAKARTA – BAWEN
(STA 72+975 – 73+100)**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

NAMA : FATIMAH SOESILO
NPM : 1910015211088



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI
TUGAS AKHIR**

**PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK DENGAN METODE
VIBRO STONE COLUMN (STA 72+975 - 73+100)**

Oleh :

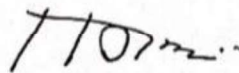
Nama : Fatimah Soesilo
Npm : 1910015211088
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta – Padang.

Padang, 04 Maret 2024

Menyetujui :

Pembimbing



(Ir. Hendri Warman, MSCE, IPU, ASEAN.Eng)

Penguji I



(Embun Sari Ayu, S.T, M.T)

Penguji II



(Evince Oktarina, S.T, M.T)

**LEMBAR PENGESAHAN INSTITUSI
TUGAS AKHIR**

**PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK DENGAN METODE
VIBRO STONE COLUMN (STA 72+975 – 73+100)**

Oleh:

FATIMAH SOESILO

1910015211088



Disetujui Oleh:

Pembimbing

(Ir.Hendri Warman, MSCE, IPU, ASEAN.Eng)



Dekan FTSP

(Dr. Al Busyra Fuadi, S.T, M.Sc)

Ketua Prodi Teknik Sipil

(Indra Khaidir, S.T, M.Sc)



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta,

Nama : **FATIMAH SOESILO**

NPM : **1910015211088**

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis Tugas Akhir yang saya buat dengan judul **“PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK DENGAN METODE VIBRO STONE COLUMN STUDI KASUS: JALAN TOL YOGYAKARTA – BAWEN (STA 72+975 – 73+100)”** adalah:

- 1) Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan data hasil pelaksanaan dan perencanaan sesuai dengan metoda kesipilan.
- 2) Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Kalau Terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan diatas, maka karya tugas akhir ini batal.

Padang, 24 Maret 2024
Yang membuat Pernyataan

(FATIMAH SOESILO)

**PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK
DENGAN METODE VIBRO STONE COLUMN
STUDI KASUS: JALAN TOL YOGYAKARTA – BAWEN
(STA 72+975 – 73+100)**

Fatimah Soesilo¹, Hendri Warman²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Bung Hatta

Email: ¹faytimehsoesilo@gmail.com, ²hendriwarman@bunghatta.ac.id

Abstrak

Tanah lempung lunak memiliki sifat gaya geser tanah yang kecil, kompresibilitas besar, koefisien permeabilitas kecil dan mempunyai daya dukung rendah, serta terdapat lapisan pasir tebal yang berpotensi terjadinya likuifaksi. Untuk memenuhi syarat daya dukung tanah dan memitigasi potensi likuifaksi dilakukan metode perbaikan tanah. Perbaikan tanah yang digunakan pada studi kasus penelitian ini adalah menggunakan *Vibro Stone Column*, yang mana menggunakan agregat batu pecah untuk membuat kolom di dalam lapisan tanah. Diameter *stone column* digunakan 0,5 m, kedalaman 16 m, jarak 2 m dengan pola konfigurasi bujur sangkar. Analisis perencanaan berfokus pada kapasitas daya dukung ultimate, penurunan yang terjadi tanpa dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan tanah menggunakan metode *vibro stone column*. Analisis mengacu pada pedoman FHWA (1983), Hughes (1974), perhitungan daya dukung tanpa *stone column* dilakukan menggunakan teori Terzaghi (1943), dan analisis penurunan mengacu pada Barksdale et.al (1989). Metode FHWA menghasilkan daya dukung ultimate (q_{ult}) 161,04 t/m², dibandingkan dengan metode Huges, menghasilkan q_{ult} 147,92 t/m², dan teori Terzaghi menghasilkan q_u 77,35 t/m². analisis total penurunan didapatkan sebesar 45,5 cm. Jika tanpa perbaikan tanah terjadi penurunan sebesar 1,245 m. Diperoleh efisiensi dan reduksi penurunan sebesar 63,4% jika dilakukan perbaikan tanah, dan dilakukan perhitungan kecepatan konsolidasi didapatkan S_v 70mm < 100mm selama 10 tahun. Menerapkan metode perbaikan tanah menggunakan *stone column*, didapatkan efisiensi dan reduksi penurunan. Penelitian ini menekankan pentingnya perbaikan tanah untuk mengurangi penurunan pada konstruksi. *Stone column* adalah metode efektif untuk meningkatkan daya dukung dan mengatasi penurunan pada tanah.

Kata Kunci: Daya Dukung Tanah, Perbaikan Tanah, Stone Column, Penurunan.

Pembimbing



Ir. Hendri Warman, MSCE, IPU, ASEAN, M.Eng

**PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK
DENGAN METODE VIBRO STONE COLUMN
STUDI KASUS: JALAN TOL YOGYAKARTA – BAWEN
(STA 72+975 – 73+100)**

Fatimah Soesilo¹, Hendri Warman²,

Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning,
Bung Hatta University

E-mail: ¹faytimehsoesilo@gmail.com, ²hendriwarman@bunghatta.ac.id

Abstract

Soft clay soil has low shear strength, high compressibility, low coefficient of permeability, and low bearing capacity, with thick sand layers potentially to liquefaction. To qualified bearing capacity requirement and mitigate the potential liquefaction, soil improvement methods are applied. The soil improvement method used in this research case study is stone column, which utilizes crushed stone aggregate to create columns within soil layers. The diameter of the stone column used is 0,5 m, depth 16 m, spacing 2 m, with a square configuration pattern, planning analysis focused on ultimate bearing capacity, settlement occurring without soil improvement, and after soil improvement using vibro stone column method. The analysis refers to FHWA guidelines (1983), Huges at al. (1974), the calculation of bearing capacity without stone column using Terzaghi (1943) and settlement analysis refers to Barksdale et al. (1989). The FHWA method obtained ultimate bearing capacity (q_{ult}) of 161.04 t/m², compared to the Hughes method, which obtained q_{ult} of 147.92 t/m² and Terzaghi theory obtained 77,35 t/m². Total settlement analysis is 45,5 cm. Without soil improvement, settlement would be 1.245 m. Therefore, an efficiency and reduction in settlement of 63,4 % are obtained. the consolidation speed calculation result is S_t 70 mm < 100mm over 10 years. Without soil improvement, settlement would be more significant. Implementing soil improvement methods using stone columns results in efficiency and settlement reduction. This study emphasizes the importance of soil improvement to reduce settlement in construction. Stone columns is an effective method for increasing bearing capacity and mitigating soil settlement over large areas.

Keywords: Soil bearing capacity, Soil Improvement, Stone Columns, Settlement

Pembimbing



Ir. Hendri Warman, MSCE, IPU, ASEAN, M.Eng

KATA PENGANTAR



Assalammualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah S.W.T atas segala rahmat dan karunia yang telah diberikan-nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan judul “PERKUATAN DAYA DUKUNG TANAH LUNAK DENGAN METODE VIBRO STONE COLUMN, STUDI KASUS: TOL YOGYAKARTA – BAWEN” ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan berkontribusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Nasfryzal Carlo, M.Sc, Selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Indra Khaidir, S.T, M.Sc, Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Bapak Ir. Hendri Warman, MSCE, IPU, ASEAN.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Teristimewa Kepada Ayahanda Ir. Eddy Soesilo, M.Eng dan ibunda Dra. Rismarini yang telah memberikan dukungan tiada henti baik moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kepada abang tersayang Rimby Soesilo, SIP, Aditya Soesilo, S.T, Gumilar Soesilo, S.E yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Kepada kekasih tersayang Ikra Sukanda, S.T yang senantiasa memberikan semangat dan membantu penulis selama penyusunan Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kepada diri sendiri.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi terwujudnya hasil yang baik dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Padang, Februari 2024

Fatimah Soesilo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN ISTILAH.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Tanah	8
2.3 Karakteristik Tanah	9
2.3.1 Klasifikasi tanah.....	10
2.4 Jenis dan Karakteristik Tanah	11
2.4.1 Sistem Klasifikasi Unified	11
2.4.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	15

2.4.3 Jenis Tanah.....	17
2.5 Penurunan (Settlement)	17
2.6 Stabilisasi Tanah	21
2.7 Parameter Tanah untuk Material Timbunan.....	22
2.8 Beban Lalu Lintas	22
2.9 Uji Standart Penetration Test (SPT).....	23
2.9.1 Korelasi N-SPT dengan Kohesi Undrained (Cu) Pada Tanah	24
2.9.2 Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas Pada Tanah.....	24
2.10 Perbaikan Tanah (<i>Soil Improvement</i>)	25
2.10.2 Tanah yang memerlukan Perbaikan	27
2.10.3 Pemilihan Tipe Perbaikan Tanah	28
2.10.4 Tanah Lunak dan Metode Perbaikannya.....	34
2.11 Metode Perbaikan Tanah Menggunakan Stone Column.....	35
2.11.1 Kecocokan Jenis Tanah.....	35
2.11.2 Diameter dan Susunan Kolom Batuan	36
2.11.3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Stone Column</i>	37
2.11.4 Kedalaman Efektif	39
2.11.5 Pembuatan Kolom Batuan.....	39
2.11.6 Metode Pelaksanaan Pembuatan Stone Column	41
2.11.7 Landasan Kerja.....	41
2.11.8 Mekanisme Keruntuhan	42
2.12 Perancangan Kolom Batuan	45
2.13 Daya Dukung Stone Column.....	51
2.13.1 Kapasitas Dukung Ultimit Kolom Batuan Tunggal	51
2.13.2 Tegangan Vertikal Ultimit	54

2.13.3	Perlawanan Pasif Dari Tanah Disekeliling Stone Column	54
2.13.4	Penurunan (<i>Settlement</i>) Pada Stone Column.....	55
2.14	Kapasitas Dukung Tanah	56
2.14.1	Analisis perhitungan kapasitas dukung tanah teori Terzaghi (1943).....	58
2.15	Kecepatan Konsolidasi	61
2.16	Studi Referensi	65
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	69
3.1	Informasi Umum Proyek	69
3.2	Lokasi Proyek.....	69
3.3	Data Umum dan Data Teknis Proyek.....	71
3.3.1	Data Umum Proyek.....	71
3.3.2	Data Teknis Proyek	74
3.4	Pengumpulan Data	77
3.4.1	Data Primer	77
3.4.2	Data Sekunder	78
3.5	Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	79
3.6	Konstruksi Stone Column	80
3.6.1	Pelaksanaan Pekerjaan Pembuatan Stone Column	82
3.6.1.1	Standar Acuan Pekerjaan	83
3.6.2	Detail Pelaksanaan Pekerjaan Stone Column	84
BAB 4	ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	93
4.1	Analisis Data	93
4.2	Data Penyelidikan Tanah Lapangan.....	93
4.3	Data Stratigrafi	94

4.4 Penelitian Tanah Laboratorium	97
4.5 Perhitungan Stone Column.....	98
4.5.1 Diameter Ekuivalen Pola Pemasangan Bujur Sangkar	101
4.5.2 Perhitungan Luas Penampang Stone Column	101
4.5.3 Perhitungan Luas Penampang Unit Cell	101
4.5.4 Perhitungan Luas Penampang Tanah Dalam <i>Unit Cell</i>	101
4.5.5 Perhitungan <i>Area Replacement Ratio Stone Column</i>	102
4.5.6 <i>Area Replacement Ratio</i> Tanah.....	102
4.5.7 Ratio Tegangan Pada <i>Stone Column</i>	102
4.5.8 Ratio Tegangan Pada Tanah Disekitar Stone Column	103
4.5.9 Perhitungan Tegangan Yang Terjadi Pada Stone Column di Tengah Timbunan	104
4.5.10 Perhitungan Tegangan Yang Terjadi Pada Tanah di Sekitar Stone Column dalam Unit Cell.....	105
4.5.11 Tegangan Rata-Rata Yang Diterima Unit Cell	106
4.6 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Stone Column.....	107
4.6.1 Kapasitas Dukung Ultimate Metode FHWA (1983).....	107
4.6.2 Kapasitas Dukung Ultimate Metode Huges and Withers (1974).....	108
4.6.2.1 Perhitungan Tegangan Pada Tanah disekitar Kolom Batuan.....	110
4.6.3 Perhitungan Tanah Pasif Disekeliling Stone Column	110
4.6.4 Tegangan Vertikal Ultimit	116
4.6.5 Perhitungan Penurunan (<i>Settlement</i>)	117
4.6.5.1 Penurunan (<i>Settlement</i>) Bila Tanpa Kolom Batuan.....	122
4.7 Perhitungan kapasitas dukung tanah teori Terzaghi (1943)	123
4.8 Kecepatan Konsolidasi	124
4.9 Result and Discussion	125

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	132
5.1 Kesimpulan.....	132
5.2 Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA	134
DAFTAR LAMPIRAN.....	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Butiran Tanah Menurut USCS, AASHTO dan ASTM	8
Tabel 2.2 Analisa Saringan Klasifikasi Unified.....	12
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah Unified	14
Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi AASHTO	16
Tabel 2.5 Pengelompokan Metode Perbaikan Tanah (U.S. Army, 1999).....	30
Tabel 2.6 Tipe Perbaikan Tanah dan Tujuannya	31
Tabel 2.7 Metode Perbaikan Tanah Yang Disesuaikan Dengan Tujuannya (FHWA,1995)	32
Tabel 2.8 Metode Perbaikan Tanah Untuk Remediasi Area Terbatas dan/atau Sedang Berkembang (FHWA, 1995).....	32
Tabel 2.9 Metode Perbaikan Tanah untuk Area Yang Luas, Terbuka, dan Tidak Sedang Berkembang (U.S. Army, 1999)	33
Tabel 2.10 Sifat Tanah Lunak dan Bahan Buangan (Rolling dan Rolling, 1996)	34
Tabel 2.11 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tanah Terzaghi.....	61
Tabel 3.1 Data Umum Proyek.....	71
Tabel 3.2 Data Umum Paket 1 (Seksi 1 dan Seksi 6)	72
Tabel 3.3 Data Teknis Seksi 1.....	74
Tabel 3.4 Data Typical Main Road Elevated	75
Tabel 3.5 Data Typical Main Road At Grade	75
Tabel 3.6 Standar Keberterimaan Material	84
Tabel 3.7 Peralatan Pekerjaan Stone Column	85
Tabel 3.8 Tenaga Kerja Pekerjaan Stone Column	86
Tabel 4.1 Daftar Koordinat Titik Borelog.....	93
Tabel 4.2 Pengambilan Sampel Tanah DS dan UDS.....	94
Tabel 4.3 Statigrafi Tanah.....	95
Tabel 4.4 Hasil Uji Laboratorium BH-03	97
Tabel 4.5 Hasil Uji Laboratorium BH-04	98
Tabel 4.6 Parameter Desain untuk Material Timbunan	105
Tabel 4.7 Rekap Nilai Perhitungan Luas, Ratio, dan Total Tegangan.....	106
Tabel 4.8 Parameter Tanah BH-03.....	107

Tabel 4.9 Parameter Tanah BH-04.....	107
Tabel 4.10 Nilai Korelasi NSPT	108
Tabel 4.11 Parameter Tanah BH-03.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batas-Batas Atterberg untuk Sub Kelompok A-4, A-5, A-6, A-7 ...	16
Gambar 2.2 Nilai Parameter Untuk Tanah Timbunan	22
Gambar 2.3 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas	22
Gambar 2.4 Skema urutan pengujian uji penetrasi standar (SNI 4153, 2008).....	23
Gambar 2.5 Jenis Perbaikan Tanah Yang Cocok, yang Disesuaikan Dengan Ukuran Butir Tanah.....	29
Gambar 2.6 Pengaruh Landasan Kerja Dari Granular Pada Perilaku Stone Column (FHWA, 1983)	42
Gambar 2.7 Mekanisme Keruntuhan Kolom Batuan Pada Tanah Lunak Homogen (FHWA,1983)	43
Gambar 2.8 Perbedaan Deformasi Kolom Batuan Oleh Pengaruh Perbedaan Tipe Pembebanan (FHWA,1983).....	43
Gambar 2.9 Pengaruh Sisipan Lapisan Sangat Lunak Terhadap Keruntuhan Kolom Batuan (FHWA, 1983).....	44
Gambar 2.10 Model Keruntuhan Kelompok Kolom Batuan (FHWA,1983).....	45
Gambar 2.11 Denah Kelompok Kolom Batuan.	47
Gambar 2.12 Idealisasi Sel Satuan (FHWA,1983)	49
Gambar 2.13 Kegagalan Kapasitas Dukung Umum Untuk Beban Lajur dan Kolom Batuan-Regangan Bidang	52
Gambar 2.14 Pembebanan dan Bentuk Bidang Geser, Bentuk Bidang Kegagalan	58
Gambar 2.15 Faktor Kapasitas dukung Terzaghi dan Mayerhoff.....	60
Gambar 2.16 Aliran air di dalam sel satuan kolom batuan (Richart, 1959).....	63
Gambar 2.17 Hubungan faktor waktu vertikal (T_v) dan derajat konsolidasi vertikal (U_v)	64
Gambar 2.18 Hubungan faktor waktu arah radial (T_h) dan derajat konsolidasi (U_h) (Barron, 1948).....	64
Gambar 3.1 Peta Lokasi Jalan Tol Yogyakarta – Bawen.....	70
Gambar 3.2 Peta Main Road Elevated, At Grade dan Akses.....	76

Gambar 3.3 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	79
Gambar 3.4 Grafik Gradasi Material Stone Column	85
Gambar 3.5 Kalibrasi dan Marking Kedalaman	87
Gambar 3.6 Pemosisian Alat Pada Titik Stone Column	88
Gambar 3.7 Penetrasi Menggunakan Vibro Rig	89
Gambar 3.8 Loading Material	89
Gambar 3.9 Proses Pemasukan Material dan Pemasukan	90
Gambar 3.10 Detail Tabung Penggetar (M-Beta Vibrator)	91
Gambar 3.11 Typical Setting Out Plate Load Test (PLT) on Single Column	92
Gambar 4.1 Denah Stone Column STA 72+975 - 73+100	99
Gambar 4.2 Long Section Stone Column STA 72+975 - 73+100	99
Gambar 4.3 Cross Section Stone Column STA 72+975 - 73+100	100
Gambar 4.4 Detail Stone Column STA 72+975 - 73+100.....	100
Gambar 4.5 Tipikal Potongan Melintang Stone Column.....	104
Gambar 4.6 Grafik perbandingan daya dukung	129

DAFTAR SIMBOL DAN ISTILAH

A_{sc}	= Luas penampang stone column
A_{uc}	= Total luas penampang unit cell
A_{ssc}	= Luas penampang tanah disekitar stone column
a_s	= Area replacement ratio stone column
a_c	= Area replacement ratio tanah
BH	= Bore hole
C_c	= Index pemampatan dari uji konsolidasi satu dimensi
C	= Lempung (<i>Clay</i>)
C_u	= Shear strength
e	= Angka Pori
e_0	= Angka pori awal
D_e	= Diameter ekuivalen
E_s	= Modulus elastisitas tanah
q_u	= Tegangan atau kapasitas dukung ultimit
c_u	= Kuat geser undrained tanah kohesif di sekitar kolom batuan
N_c'	= Faktor kapasitas dukung efektif untuk kolom batuan
μ_s	= Ratio tegangan pada stone column
μ_c	= Ratio tegangan pada tanah disekitar stone column
σ	= Tegangan total yang diterima unit cell
σ_s	= Tegangan yang terjadi pada stone column
σ_c	= Tegangan pada tanah disekitar stone column dalam unit cell
σ_x	= Tegangan rata-rata yang diterima unit cell
σ_3	= Tegangan pasif
σ_1	= Tegangan vertikal ultimit
σ_{ro}	= Total tegangan lateral awal
σ_v	= Total tegangan vertical
σ_o'	= Tegangan efektif awal rata-rata di lapisan lempung
σ_c	= Perubahan tegangan pada tanah akibat beban permukaan tanah
ν	= Angka poisson ratio tanah

K_0	= Koefisien tekanan tanah lateral pada kondisi diam.
γ_{sat}	= Berat volume jenuh air
N_c	= Faktor daya dukung
γ'	= Berat volume efektif.
γ_w	= Berat volume air
γ_b	= Berat volume Lembab atau Basah
w	= Kadar Air
Z	= Kedalaman tanah lunak yang ditinjau
ϕ'	= Sudut gesek dalam efektif
ϕ_s	= Sudut geser <i>stone column</i>
S_t	= Penurunan konsolidasi primer pada waktu t di sepanjang kedalaman H pada kolom batuan
s	= Jarak spasi antar <i>stone column</i>
H	= Tinggi kolom batuan
SPT	= Standart Penetration Test
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SC	= Stone Column
GI	= Indeks kelompok (<i>group index</i>)
LL	= Batas cair
PI	= Indeks plastisitas
V_w	= Volume Air
S	= Derajat Kejenuhan
FHWA	= The Federal Highway Administration
kPa	= Kilo Pascal
G	= Kerikil (<i>Gravel</i>)
S	= Pasir (<i>Sand</i>)
M	= Lanau (<i>Silt</i>)
O	= Lanau atau lempung organik (<i>Organic silt or clay</i>)
Pt	= Tanah gambut dan tanah organik tinggi (<i>Peat and highly organic soil</i>)
W	= Gradasi baik (<i>Well-graded</i>)
P	= Gradasi buruk (<i>Poorly-graded</i>)
H	= Plastisitas tinggi (<i>High-plasticity</i>)

L = Plastisitas rendah (*Low-plasticity*)

E_s = Modulus elastisitas tanah

n = Faktor penumpukan tegangan

USCS = Unified Soil Classification System

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mendukung percepatan pembangunan infrastruktur dan meningkatkan konektivitas di Indonesia dan dalam upaya percepatan pembangunan Proyek Strategis Nasional (PSN) Sektor Jalan dan Jembatan, dilakukan prioritas PSN Jalan Tol yang dinilai dapat berdampak besar bagi pertumbuhan dan pemulihan ekonomi. Pemerintah merencanakan pembangunan Jalan Tol yang menghubungkan Provinsi Yogyakarta hingga Bawen. Tol Yogyakarta – bawen berada di dua Provinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, adapun rute kota yang dilewati tol ini dimulai pada seksi 1 pada daerah Yogyakarta – Banyurejo.

Studi kasus penelitian tugas akhir ini ditinjau pada Seksi 1 STA (67+500 – 76+300), tepatnya pada Zona *at Grade* 2 STA (72+975 – 73+100). Pada saat pelaksanaan di lapangan, tentunya selalu ada permasalahan yang dihadapi. Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen, terdapat permasalahan pada tanah dasar pada zona *At Grade* 2 yaitu adanya tanah lempung lunak dan muka air yang tinggi dikarenakan zona *At Grade* 2 berada tepat disisi sungai mataram.

Tanah adalah bagian yang sangat penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur karena tanah menjadi pondasi dan dasar yang menerima semua beban yang ditimbulkan akibat dari bangunan konstruksi di atasnya, oleh karena itu dibutuhkan lapisan tanah dasar yang kuat. Tanah dasar atau subgrade adalah lapisan tanah paling bawah yang berfungsi sebagai dasar tempat perletakan lapis timbunan dan perkerasan serta mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. *Subgrade* pada proyek jalan Tol memegang peranan penting dalam menentukan kualitas perkerasan jalan dan terhadap umur rencana jalan. Tanah dasar (*subgrade*) dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi.

Tanah lunak memiliki sifat berupa daya dukung relatif rendah, nilai kuat geser rendah, permeabilitas rendah, sifat kembang susut yang besar, dan pemampatan relatif besar yang berlangsung relatif lama. Sehingga apabila

keberadaan tanah lunak ini tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka Panjang yang dapat mengakibatkan kegagalan struktur bangunan yang berada di atasnya. Suatu konstruksi yang berada di atas tanah lunak akan menemui masalah terutama berkaitan dengan besarnya penurunan yang akan terjadi setelah sebuah konstruksi didirikan di atasnya, salah satu penyebab dikarenakan tingginya kadar air dalam tanah yang dapat menyebabkan hilangnya lekatan antar butiran tanah. Tanah lunak umumnya memiliki daya dukung yang rendah. Apabila tanah lunak digunakan sebagai pendukung fondasi dan bangunan sangat tidak menguntungkan, karena akan banyak kerugian yang ditimbulkan. Meskipun kerusakan yang diakibatkan tidak bersifat mendadak dan langsung namun kerugian secara materi yang diakibatkan akan cukup besar, oleh karena itu perlu diadakannya perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Sehingga pada kesempatan ini akan dibahas teknik perbaikan daya dukung untuk perkuatan tanah lunak

Tanah lempung lunak/*soft clay* memiliki sifat gaya geser tanah yang kecil, kompresibilitas yang sangat besar, kemampatan yang besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah. Tanah lempung lunak banyak dijumpai di daerah sekitar pantai dan dataran rendah lainnya terutama pada daerah sungai-sungai besar. Apabila pembangunan struktur harus dilakukan di tanah lempung lunak, maka untuk memenuhi syarat daya dukung tanah tersebut dibutuhkan metode perbaikan. Salah satu metode perbaikan tanah yang digunakan pada proyek ini adalah menggunakan *Vibro Stone Column*.

Stone Column adalah salah satu metode perbaikan tanah yang masuk dalam kategori *reinforcement* atau perkuatan tanah yang mana menggunakan agregat berupa kerikil atau batu pecah untuk membuat kolom dengan diameter tertentu dan kedalaman tertentu di dalam lapisan tanah. upaya penggalian yang dilakukan untuk mengganti sebagian tanah yang akan digunakan sebagai dasar konstruksi dengan kolom batu vertikal yang dipadatkan.

Metode pelaksanaan *vibro stone column* yang digunakan adalah metode *dry bottom feed*, yaitu dengan cara memasukkan alat *Vibrocat* kedalam lapisan tanah lunak lalu diisi dengan batu pecah dan digetarkan sampai memadat, dimana batu

tersebut disalurkan melalui *stone tube* sampai ke ujung *probe* dan dikeluarkan di bagian bawahnya ke lapisan tanah sekelilingnya, sehingga terbentuklah kolom batu didalam lapisan tanah.

Panjang *stone column* yang digunakan yaitu 16 meter, dengan bantuan *stone column* distribusi tegangan akibat beban dapat tersalur melalui dua komponen, yakni kolom tersebut dan lapisan tanah di sekitar kolom. Fungsi utama pemasangan *stone column* adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah yang kurang baik sehingga dapat menerima beban yang lebih besar dan *settlement* yang terjadi akan berkurang. Selain itu, *stone column* umumnya dikombinasikan dengan lapisan kaku di dasar timbunan jika digunakan untuk perbaikan tanah lunak di bawah timbunan. Lapisan tersebut bisa berupa lapisan *granular* yang kaku, *geotextile* atau *geogrid*.

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis yang komprehensif dan beberapa metode yang tepat agar dapat memperoleh hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Selain itu, penelitian mengenai *stone column* pada lapisan tanah dasar ini juga dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi dan inovasi di bidang rekayasa struktur dan geoteknik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan dan desain perbaikan lapisan tanah dasar yang lebih efektif dan efisien, serta mengurangi risiko kerusakan atau kegagalan pada struktur.

Dengan demikian, penelitian mengenai analisis perbaikan daya dukung tanah menggunakan metode *Vibro Stone Column* sangat penting dan relevan dilakukan dalam upaya pengembangan infrastruktur yang lebih berkualitas dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari beberapa hal yang telah dijelaskan maka dapat diambil beberapa permasalahan yang perlu ditinjau adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kapasitas daya dukung *stone column* tunggal berdasarkan data Tanah dan N-SPT tanah.
2. Bagaimana efektifitas dan efisiensi metode perbaikan tanah menggunakan *stone column* dan tanpa menggunakan *stone column*

berdasarkan penurunan (Settlement) yang terjadi menggunakan metode Barskdale dan Bachus (1989)

3. Bagaimana kapasitas daya dukung *stone column* berdasarkan metode FHWA (1983) dan Metode Hughes (1975).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kapasitas daya dukung tiang *stone column* tunggal berdasarkan data Tanah, N-SPT.
2. Untuk menganalisis bagaimana efektifitas dan efisiensi metode perbaikan tanah menggunakan *stone column* dan tanpa menggunakan *stone column* berdasarkan penurunan (Settlement) yang terjadi.
3. Untuk membandingkan kapasitas daya dukung *stone column* berdasarkan metode FHWA (1983) dan Metode Hughes (1975)

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya membahas terkait beberapa hal. Berikut ini merupakan batasan-batasan masalah yang akan dibuat penulis:

1. Studi kasus Tugas Akhir berada pada proyek pembangunan jalan Tol Yogyakarta – Bawen pada Seksi 1 STA (67+500 – 76+300), Zona *At Grade* 2 STA (72+975 – 73+100).
2. Data tanah yaitu data N-SPT dan data Laboratorium pada penelitian ini didapatkan pada proyek pembangunan jalan Tol Yogyakarta – Bawen.
3. Metode pekerjaan *Stone Column* digunakan pada proyek ini adalah *Dry Bottom Feed Method, Vibro Stone Column (VSC)*, PT. Keller Ground Indonesia.
4. Analisis parametrik yang dilakukan terdiri dari 3 variabel yaitu pola konfigurasi *stone column*, diameter *stone column*, dan jarak atau spasi antar *stone column* menggunakan metode FHWA dan Hudges.
5. Perhitungan daya dukung *stone column* hanya dilakukan pada titik *stone column* tunggal. Titik *stone column* S16 dan S68, Zona *at Grade* 2 STA (72+975 – 73+100), dengan kedalaman 16 meter.

6. Data *Pile Load Test* yaitu pada pada titik *Stone Column* tunggal titik *stone column* S16 dan S68, Zona *at Grade 2* STA (72+975 – 73+100).
7. Analisa evaluasi *Penurunan (Settlement) Stone Column* menggunakan Metode Barksdale dan m Bachus (1989)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari tugas akhir ini yaitu:

1. Penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi serta acuan untuk penelitian dan analisis selanjutnya dalam menganalisis perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Vibro Stone Column* berdasarkan metode FHWA (1983) dan Metode Hughes (1975) serta analisis penurunan (*Settlement*) *stone column* menggunakan metode Barksdale dan Bachus (1989).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini disusun dalam lima BAB dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang penelitian dan pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori dasar beserta landasan-landasan teori beserta konsep yang relevan dengan topik yang dibahas, serta yang berhubungan langsung dengan analisis pembahasan pada tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode-metode yang digunakan dalam penelitian, pengambilan data, langkah penelitian, analisis data, serta lokasi penelitian.

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang analisis, pembahasan dan perhitungan berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penulisan dari keseluruhan tugas akhir ini.