

**ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
METODE *STONE COLUMN* PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL
INDRALAYA-BENGGKULU**

TUGAS AKHIR



**ITSNAINUL HAKIM PURWORAHARJO
1192004019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2023**

**ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
METODE *STONE COLUMN* PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL
INDRALAYA-BENGGKULU**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik



**ITSNAINUL HAKIM PURWORAHARJO
1192004019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2023**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Itsnainul Hakim Purworaharjo

NIM : 1192004019

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Itsnainul Hakim Purworaharjo

NIM : 1192004019

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisis Perkuatan Tanah Lunak Menggunakan Metode *Stone Column* Pada Pembangunan Jalan Tol Indralaya-Bengkulu.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Fatin Adriati, S.T., MT., IPP.

Penguji 1 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.

Penguji 2 : Fitria Wahyuni, S.T., M.T.



(Fatin Adriati)

(Dr. Mohammad Ihsan)

(Fitria Wahyuni)

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal: Senin, 14 Agustus 2023

KATA PENGHANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas ridho dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perkuatan Tanah Lunak Menggunakan Metode *Stone Column* Pada Pembangunan Jalan Tol Indralaya-Bengkulu” ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

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

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan, mendukung dan juga memberikan motivasi serta sponsor utama dari awal hingga menyelesaikan perkuliahan kepada penulis.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alishjhabana, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Bakrie.
3. Fatin Adriati, S.T., M.T., IPP., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, masukan dan motivasi kepada penulis.
4. Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. dan Fitria Wahyuni, S.T., M.T., selaku penguji sidang akhir.
5. Jouvan Chandra Pratama Putra, S.T., M. Eng., dan Safrillah, S.T., M.Sc., IPP., selaku pembimbing akademik.
6. Krisna sebagai teman bimbingan yang setiap senin pagi saling menyemangati satu sama lain.
7. Daffahh sebagai orang yang membuat penulis mendapat pencerahan ketika sedang mengalami kebingungan dalam penelitian ini sekaligus pemegang saham selama perkuliahan.

8. Miftahul Haftuni Sakinamri sebagai orang spesial yang selalu menemani, memberi motivasi dan semangat dari awal perkuliahan sampai penelitian ini selesai dibuat.
9. Bang Wangga sebagai pengarah dalam penulisan dan membantu pengerjaan penelitian dengan baik sekaligus menjadi senior terbaik per agustus 2023.
10. Teman – teman Arjuna Bang Shultan, Bang Thalman, Bang Faruq, yang memberikan bantuan mental dan juga menemani ketika penulis sudah penat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Teman – teman seperjuangan Arjuna Bagas, Bang Firman, Bang Rehan, Bang Umam bersama mencapai titik puncak yudisium agustus 2023 dan juga sebagai tempat mengadu nasib.
12. Teman – teman 2019, 2020, dan 2021 yang mengingatkan penulis dalam hal pengerjaan Tugas Akhir ini.
13. Teman – teman yang sering muncul di UKM selalu mengingatkan dan membantu penulis dikala penulis sedang tidak ada semangat untuk mengerjakan Tugas Akhir.

Demikian Tugas Akhir ini saya buat meskipun masih banyak kekurangan di dalamnya penulis berharap dapat bermanfaat.

Jakarta, 14 Agustus 2023



Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

Sebagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Itsnainul Hakim Purworaharjo

NIM : 1192004019

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
METODE *STONE COLUMN* PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL
INDRALAYA-BENGGKULU**


Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis /pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Jakarta

Pada Tanggal: 14 Agustus 2023

Yang Menyatakan,



Itsnainul Hakim Purworaharjo

**ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
METODE *STONE COLUMN* PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL
INDRALAYA-BENGGKULU**

Itsnainul Hakim Purworaharjo¹

ABSTRAK

Pulau Sumatera masih membutuhkan pembangunan infrastruktur terutama pembangunan jalan tol. Untuk itu pemerintah membuat proyek pembangunan jalan tol sepanjang Sumatera (Trans-Sumatera), salah satu ruasnya tol Indralaya-Bengkulu. *Soil investigation* di lokasi menemukan beberapa titik tanah lunak, hal ini dapat berpotensi menyebabkan kerusakan struktural jalan tol apabila tidak dilakukan perkuatan tanah. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan perkuatan dengan metode *stone column*. Kelebihan *stone column* dapat meningkatkan daya dukung tanah dan dapat mengurangi penurunan tanah, yang dimana hal tersebut adalah permasalahan tanah lunak.

Dalam penelitian ini menggunakan metode Elemen Hingga dan 2 model tanah untuk menganalisis daya dukung dan penurunan tanah. Didapatkan hasil kedua model dengan perkuatan *stone column* dapat meningkatkan daya dukung tanah sebesar ± 7 kN/m². Sedangkan untuk penurunan tanah perkuatan *stone column* dapat mengurangi penurunan model 1 sebesar 8,7cm dan model 2 sebesar 3,02 cm. Dari hasil tersebut perkuatan tanah lunak menggunakan metode *stone column* terbukti dapat meningkatkan daya dukung tanah dan dapat mengurangi penurunan tanah.

Kata kunci: Perkuatan Tanah, *Stone Column*, Jalan Tol

¹Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
METODE *STONE COLUMN* PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL
INDRALAYA-BENGGKULU**

Itsnainul Hakim Purworaharjo²

ABSTRACT

The island of Sumatra still requires infrastructure development, especially the construction of toll roads. To address this, the government has initiated a project to build a toll road spanning the length of Sumatra (Trans-Sumatra), with one of its sections being the Indralaya-Bengkulu toll road. Soil investigations at the site have identified several areas with soft soil, which could potentially lead to structural damage to the toll road if not reinforced. To tackle this issue, soil reinforcement using the stone column method is being implemented. The advantage of the stone column method is its ability to enhance soil bearing capacity and reduce soil settlement, which is a concern in soft soil conditions.

In this study, Finite Element Method and two soil models are employed to analyze the bearing capacity and soil settlement. The results indicate that both models show an increase in soil bearing capacity by approximately 7 kN/m² due to the implementation of stone column reinforcement. Additionally, the soil settlement is reduced with stone column reinforcement, showcasing a decrease of 8.7 cm in model 1 and 3.02 cm in model 2. These findings confirm that the soil reinforcement using the stone column method effectively enhances soil bearing capacity and reduces soil settlement in soft soil conditions.

Keywords: Soil Reinforcement, Stone Column, Expressway

²*Undergraduate Student of Civil Engineering University Bakrie*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGHANTAR	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Klasifikasi Tanah.....	4
2.1.1 Klasifikasi Jenis Tanah dari Sondir	5
2.1.2 Klasifikasi Jenis Tanah dari <i>Standart Penetration Test</i> (N-SPT).....	8
2.2 Parameter Tanah.....	10
2.2.1 Parameter Hidrolis	10
2.2.2 Parameter Fisik	11
2.2.3 Parameter Kekakuan.....	12
2.2.4 Parameter Mekanis (Kuat Geser).....	13
2.3 Tanah Lunak.....	15
2.4 Permasalahan Tanah Lunak.....	17
2.5 <i>Stone Column</i>	24
2.5.1 Metode Pelaksanaan <i>Stone Column</i>	25

2.5.2 Perencanaan <i>Stone Column</i>	28
2.6 Elemen Hingga	30
2.7 Penelitian Terdahulu.....	33
BAB III METODOLOGI.....	36
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	36
3.2 Lokasi Penelitian	37
3.3 Pengumpulan Data	38
3.3.1 Data Parameter Tanah.....	38
3.3.2 Data Beban Lalu Lintas	40
3.3.3 Data Perencanaan <i>Stone Column</i>	41
3.4 Analisis Data	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Analisis Daya Dukung Tanah dan Distribusi Tegangan	48
4.2 Analisis Penurunan Tanah dan Arah Pergerakan Tanah	51
4.3 Analisis <i>Excess Pore Pressures</i>	55
4.4 Analisis Faktor Keamanan Timbunan	57
4.5 Temuan dan Rekomendasi	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir menurut metode Robertson et al (1986)	6
Gambar 2. 2 Grafik hubungan tekanan konus dengan perlawanan geser	8
Gambar 2. 3 Keruntuhan geser umum	18
Gambar 2. 4 Variasi dari nilai λ dengan panjang tiang yang tertanam	20
Gambar 2. 5 Metode <i>stone column dry top-feed process</i>	26
Gambar 2. 6 Metode <i>stone column dry bottom-feed process</i>	27
Gambar 2. 7 Ilustrasi diameter ekuivalen untuk pola pemasangan segitiga	29
Gambar 2. 8 Ilustrasi diameter ekuivalen untuk pola pemasangan persegi	29
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian	36
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian	37
Gambar 3. 3 Stratifikasi tanah BH-IDR 02 & BH-IDR 03	39
Gambar 3. 4 Karakteristik tanah pada BH-IDR 02 sebelum dan sesudah pemasangan <i>stone column</i>	45
Gambar 3. 5 Karakteristik tanah pada BH-IDR 03 sebelum dan sesudah pemasangan <i>stone column</i>	46
Gambar 4. 1 Distribusi tegangan model 1 tanpa perkuatan	50
Gambar 4. 2 Distribusi tegangan model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i>	50
Gambar 4. 3 Distribusi tegangan model 2 tanpa perkuatan	51
Gambar 4. 4 Distribusi tegangan model 2 dengan perkuatan <i>stone column</i>	51
Gambar 4. 5 Arah pergerakan tanah model 1 tanpa perkuatan	53
Gambar 4. 6 Arah pergerakan tanah model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i>	53
Gambar 4. 7 Arah pergerakan tanah model 2 tanpa perkuatan	54
Gambar 4. 8 Arah pergerakan tanah model 2 dengan perkuatan <i>stone column</i>	54
Gambar 4. 9 <i>Excess pore pressure</i> model 1 tanpa perkuatan	55
Gambar 4. 10 <i>Excess pore pressure</i> model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i>	56
Gambar 4. 11 <i>Excess pore pressure</i> model 2 tanpa perkuatan	56
Gambar 4. 12 <i>Excess pore pressure</i> model 2 dengan perkuatan <i>stone column</i>	57

Gambar 4. 13 Faktor keamanan model 1 tanpa perkuatan.....	58
Gambar 4. 14 Faktor keamanan model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i>	59
Gambar 4. 15 Faktor keamanan model 2 tanpa perkuatan.....	59
Gambar 4. 16 Faktor keamanan model 2 dengan perkuatan <i>stone column</i>	60
Gambar 4. 17 Perkuatan mesh model 1	61
Gambar 4. 18 Faktor keamanan model 1 tanpa perkuatan setelah perkuatan mesh ...	62
Gambar 4. 19 Faktor keamanan model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i> setelah perkuatan mesh.....	62
Gambar 4. 20 Grafik deformasi konsolidasi model 1 tanpa perkuatan.....	64
Gambar 4. 21 Grafik deformasi konsolidasi model 1 dengan perkuatan <i>stone column</i>	64
Gambar 4. 22 Grafik deformasi konsolidasi model 2 tanpa perkuatan.....	65
Gambar 4. 23 Grafik deformasi konsolidasi model 2 dengan perkuatan <i>stone column</i>	65
Gambar 4. 24 <i>Excess pore pressure</i> model 1 setelah proses konsolidasi	66
Gambar 4. 25 <i>Excess pore pressure</i> model 2 setelah proses konsolidasi	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah	5
Tabel 2. 2 Konsistensi Tanah Berdasarkan Hasil Sondir	5
Tabel 2. 3 Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir menurut Metode Das B.M (1994)	7
Tabel 2. 4 Hubungan N-SPT terhadap konsistensi tanah lempung.....	9
Tabel 2. 5 Hubungan N-SPT terhadap konsistensi tanah pasir.....	9
Tabel 2. 6 Hubungan antara nilai tipikal berat volume tanah	10
Tabel 2. 7 Nilai koefisien permeabilitas pada jenis tanah.....	11
Tabel 2. 8 Parameter modulus elastisitas tanah	12
Tabel 2. 9 Hubungan antara jenis tanah dan poisson rasio	12
Tabel 2. 10 Hubungan antara nilai N-SPT, kohesi, dan berat volume.....	14
Tabel 2. 11 Hubungan beberapa jenis tanah dan batuan dengan nilai tipikal ϕ	15
Tabel 2. 12 Gradasi bahan pengisi tipikal.....	28
Tabel 3. 1 Parameter tanah pada BH IDR-02 dan BH IDR-03	38
Tabel 3. 2 Data tanah timbunan	40
Tabel 3. 3 Beban lalu lintas.....	41
Tabel 3. 4 Parameter dan perencanaan stone column	41
Tabel 3. 5 Parameter tanah dasar BH-IDR 02 (model 1) dalam elemen hingga.....	43
Tabel 3. 6 Parameter tanah dasar BH-IDR 03 (model 2) dalam elemen hingga.....	44
Tabel 3. 7 Parameter <i>stone column</i> dalam elemen hingga.....	44
Tabel 4. 1 Hasil daya dukung tanah dari kedua model	48
Tabel 4. 2 Hasil penurunan tanah.....	52
Tabel 4. 3 Hasil <i>excess pore pressure</i> kedua model tanah.....	57
Tabel 4. 4 Nilai faktor keamanan kedua model	58
Tabel 4. 5 Perbedaan nilai penurunan sebelum dan setelah proses konsolidasi	66
Tabel 4. 6 Perbedaan nilai keamanan sebelum dan setelah proses konsolidasi	67
Tabel 4. 7 Persentase efektivitas penurunan konsolidasi kedua model	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Boring log	73
Lampiran 2. Uji Laboratorium	77
Lampiran 3. Perhitungan Penurunan Tanah model 1	79