

TUGASAKHIR
PERBAIKAN TANAH DASAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
***STONE COLUMN* PADA PROYEK JALAN LINGKAR UTARA**
LAMONGAN



Muhammad Antonio Banderas
22.11.0040

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA
SURABAYA
2026

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Perbaikan Tanah Dasar Dengan Menggunakan Metode Stone Coloumn Pada Proyek
Jalan Lingkar Utara Lamongan

Nama : Muhammad Antonio Banderas

NPM : 22110040

Tanggal Ujian : 24 Juni 2026

Disetujui Oleh,

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,



Akhmad Maliki, ST., MT.
NIK : 16762-ET



Akbar Bayu Kresno Suharso, S.T., MT.
NIK : 21849-ET

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing,

Dosen pembimbing I

Dosen Pembimbing 2



Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.
NIK : 93190 - ET



Danang Setiwa Raharja S.T., M.T.
NIK : 22866 - ET

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)
di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh :

MUHAMMAD ANTONIO BANDERAS

NPM : 22.11.0040

Tanggal Ujian : 24 juni 2026

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,

Mengetahui,

Dosen pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK : 93190 - ET


Danang Setya Raharja S.T., M.T.

NIK : 22866 - ET

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,


Dr. Ir. Anang Kukuh Adisusilo, S.T., M.T.

NIP : 197802152015041001


Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK : 93190 - ET

PERBAIKAN TANAH DASAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *STONE COLUMN* PADA PROYEK JALAN LINGKAR UTARA LAMONGAN

Nama Mahasiswa : **Muhammad Antonio Banderas**
NPM : **22110040**
Jurusan : **Teknik Sipil**
Dosen Pembimbing : **Danang Setiya Raharja S.T., M.T.**

ABSTRAK

Pertumbuhan infrastruktur yang pesat menuntut solusi yang efektif dalam perbaikan tanah, terutama pada proyek yang dibangun di atas tanah lunak. Salah satu metode yang terbukti efisien adalah *stone column* atau kolom batu, yang dapat meningkatkan daya dukung tanah dan mempercepat proses konsolidasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis alternatif perbaikan tanah dasar pada proyek Jalan Lingkar Utara (JLU) Lamongan dengan menggunakan metode *stone column* sebagai pembanding terhadap metode eksisting, yaitu *preloading* dan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*). Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan menggunakan data sekunder dari hasil penyelidikan tanah di lokasi proyek, khususnya pada STA 1+275–1+375 dengan kondisi tanah lunak pada lapisan 1 kedalaman 0,00 – 16,00 m. Analisis dilakukan menggunakan metode Priebe dan pemodelan numerik dengan Plaxis 2D untuk mengevaluasi daya dukung tanah, penurunan tanah, serta waktu konsolidasi sebelum dan sesudah pemasangan *stone column*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi tanah sebelum perbaikan mengalami penurunan total sebesar 1,8 m dengan waktu konsolidasi 118,95 tahun. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan *stone column*, penurunan berkurang menjadi 0,75 m dan waktu konsolidasi berkurang 90% menjadi 5,4 bulan. Hasil pemodelan Plaxis 2D menunjukkan penurunan maksimum berkurang dari 1,6m menjadi 10 cm. Penerapan *stone column* dengan diameter 0,8 m, spasi 2 m, dan kedalaman 20 m juga terbukti meningkatkan faktor keamanan menjadi 1,76 serta menaikkan daya dukung tanah hampir dua kali lipat. Dari sisi biaya, total RAB pekerjaan *stone column* sebesar Rp8.178.654.825. Dengan demikian, metode *stone column* layak digunakan sebagai alternatif perbaikan tanah dasar yang efektif pada proyek JLU Lamongan.

Kata Kunci : *Stone column*, Daya Dukung Tanah, Perbaikan Tanah, Plaxis 2D

GROUND IMPROVEMENT USING THE STONE COLUMN METHOD FOR THE NORTH RING ROAD (JLU) PROJECT IN LAMONGAN

Student Name : Muhammad Antonio Banderas
Student Identification Number : 22110040
Department : Civil Engineering FT-UWKS
Supervisor 1 : Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.
Supervisor 2 : Danang Setiya Raharja S.T., M.T.

ABSTRACT

The rapid growth of infrastructure development requires effective solutions for ground improvement, particularly for projects constructed on soft soils. One of the most efficient methods is the stone column technique, which is capable of increasing soil bearing capacity and accelerating the consolidation process. This study aims to analyze an alternative ground improvement method for the North Ring Road (Jalan Lingkar Utara/JLU) Project in Lamongan using the stone column method as a comparison to the existing methods, namely preloading and Prefabricated Vertical Drain (PVD). This research is an applied study utilizing secondary data obtained from soil investigations conducted at STA 1+275–1+375. The analysis was carried out using the Priebe method and numerical modeling with Plaxis 2D to evaluate soil bearing capacity, settlement, and consolidation time before and after the installation of stone columns. The results indicate that the untreated soil experienced a total settlement of 1.8 m with a consolidation period of 118.95 years. After the implementation of stone columns, the settlement decreased to 0.081 m and the time required to achieve 90% consolidation was reduced to 5.4 months. Numerical modeling using Plaxis 2D showed that the maximum settlement decreased from 1,6m to 10 cm. The application of stone columns with a diameter of 0.8 m, spacing of 2 m, and depth of 20 m also increased the safety factor to 1.76 and nearly doubled the soil bearing capacity. In terms of cost, the total estimated construction budget for the stone column work was IDR 8,178,654,825. Therefore, the stone column method can be considered an effective alternative for ground improvement in the JLU Lamongan Project.

Keywords: Stone column, Bearing Capacity, Settlement, Consolidation, Plaxis 2D.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga saya dapat menyusun Tugas Akhir dengan judul “Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan Metode *Stone column* pada Proyek Jalan Lingkar Utara Lamongan” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengkaji secara ilmiah penerapan metode *stone column* sebagai alternatif perbaikan tanah dasar, khususnya pada proyek Jalan Lingkar Utara Lamongan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis maupun praktis dalam bidang geoteknik, serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis pada proyek-proyek sejenis.

Ucap terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Anang Kukuh Adisusilo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta fasilitas kepada penulis untuk menempuh pendidikan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya sekaligus dosen pembimbing, yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, motivasi, serta dukungan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas waktu, perhatian, ilmu, dan saran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.
3. Bapak Danang Setiya Raharja, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, saran, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Berkat bimbingan dan masukan yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik.
4. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Sugeng Rahmanto dan Ibu Margareta Yulia D.R., S.S. yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan

moral maupun material, serta telah membiayai seluruh kebutuhan penulis selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas segala pengorbanan, perhatian, semangat, motivasi, dan kepercayaan yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga segala kebaikan, kasih sayang, dan pengorbanan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa.

5. Kepada kedua adik perempuan penulis, Louisa Eiren Rahmadani dan Alexandra Satya Wardana, yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan kebahagiaan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas perhatian, pengertian, dan motivasi yang selalu diberikan.
6. Calista Yulianti Putri Aditya, S.P. yang telah memberikan dukungan moral, doa, semangat, motivasi, perhatian, serta inspirasi yang sangat berarti kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas kesabaran, pengertian, dan dorongan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2022, yang telah memberikan motivasi, dukungan dan saran untuk mengerjakan Tugas Akhir sampai sempurna.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Keterbatasan pengetahuan, pengalaman, serta kemampuan yang dimiliki penulis dalam proses perencanaan ini tentunya masih menimbulkan berbagai kekurangan, baik dari segi isi, penyajian, maupun pembahasan. Oleh karena itu, penulis dengan segala kerendahan hati mengharapkan kritik, saran, serta masukan yang bersifat membangun dari para pembaca demi penyempurnaan penelitian ini maupun sebagai bekal untuk pengembangan kemampuan penulis dalam menghasilkan karya ilmiah yang lebih baik di masa mendatang.

Penulis berharap Tugas Akhir ini tidak hanya menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Sipil dan Geoteknik. Besar harapan penulis agar hasil penelitian ini dapat menjadi referensi, bahan kajian, maupun sumber informasi bagi mahasiswa, akademisi, peneliti, praktisi, konsultan, kontraktor, serta pihak-pihak lain yang memiliki perhatian

terhadap perencanaan dan pelaksanaan perbaikan tanah lunak menggunakan metode *stone column*. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis pada proyek-proyek konstruksi yang memiliki kondisi tanah dasar lunak sehingga dapat meningkatkan aspek keamanan, efektivitas, efisiensi, serta keberlanjutan pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, dukungan, bantuan, serta kontribusi dalam berbagai bentuk selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan memperoleh balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi amal ilmu yang berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dunia konstruksi, khususnya dalam bidang Teknik Sipil dan Geoteknik.

Surabaya, 19 Juli 2025

M.Antonio Banderas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN REVISI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Lokasi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Hasil Penelitian Terdahulu Yang Relevan	6
2.2. Perbaikan tanah.....	7
2.3. Perbaikan Daya Dukung Tanah lunak Menggunakan Metode <i>Stone Coloumn</i>	7
2.3.1 Teori Perencanaan <i>Stone column</i>	7
2.3.2. Perencanaan <i>Stone Coloumn</i>	10
2.4.3 Distribusi Tegangan Oleh Beban Luar.....	12
2.3.4 Tekanan Vertikal Tanah (<i>Overburden Pressure</i>)	13
2.3.5 Parameter tanah	13
2.4. Penurunan (penurunan segera dan konsolidasi).....	19
2.5. Metode <i>Finite Element Method</i> (FEM) dengan PLAXIS	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1. Umum	26
3.2. Kerangka Penelitian	29
3.3. Studi literatur	29

3.4. Pengumpulan Data	30
3.5. Analisis Perencanaan <i>Stone column</i>	31
3.6. Pemodelan Plaxis	32
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Analisis Data Tanah.....	34
4.1.1 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah.....	34
4.1.2 Korelasi Parameter Tanah.....	34
4.2 Analisis Pembebanan.....	35
4.2.1 Beban Jalan.....	35
4.3 Analisis Perhitungan.....	35
4.3.1 Perhitungan Faktor Daya Dukung	35
4.3.2 Menghitung Faktor Bentuk.....	36
4.3.3 Menghitung Tegangan Overburden.....	36
4.3.4 Menghitung Daya Dukung Ultimate	36
4.3.5 Menghitung Daya Dukung Ijin.....	36
4.3.6 Beban Timbunan Exsisting.....	36
4.4 Analisis Penurunan Tanah	37
4.4.1 Tambahan Tegangan.....	37
4.4.2 Analisis Tegangan Efektiv Awal.....	38
4.4.3 Penurunan Segera	38
4.4.4 Perhitungan Tinggi Kritis Timbunan.....	38
4.4.5 Penurunan Konsolidasi	39
4.4.6 Penurunan Total Tanah.....	39
4.4.7 Waktu Konsolidasi Tanpa <i>Stone column</i>	39
4.4.8 Perhitungan Penurunan Akibat Pembebanan Awal (<i>Preloading</i>)	40
4.4.9 Perhitungan Akibat Pembebanan.....	40
4.4.10 Perhitungan Penambahan Tegangan Vertikal ($\Delta\sigma$)	41
4.4.11 Perhitungan Penurunan Segera (π)	42
4.4.12 Perhitungan Penurunan Akibat Konsolidasi.....	44
4.4.13 Perhitungan Waktu Konsolidasi Tanpa <i>Stone column</i>	47
4.5 Analisis Perhitungan Stone Coloumn.....	47

4.5.1 Perhitungan Waktu Penurunan Dengan Adanya <i>Stone column</i>	54
4.5.2 Perhitungan Penurunan Konsolidasi Dengan Progam Plaxis 2D	56
4.5.3 Analisis Bidang Gelincir Sebelum Menggunakan Stone Column.....	62
4.5.4 Analisis Bidang Gelincir Sesudah Menggunakan Stone Column	63
4.7 Perbandingan Kinerja Metode <i>Stone column</i> dengan Metode Preloading-PVD pada Proyek Jalan Lingkar Utara Lamongan	65
4.8 Perhitungan Biaya Bahan	66
4.8.1 Perhitungan Volume Satuan <i>Stone column</i>	67
4.8.2 Perhitungan Jumlah <i>stone column</i>	67
4.8.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan <i>Stone column</i>	67
4.8.4 RAB Total <i>Stone column</i>	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Studi Kasus Penelitian pada JLU Lamongan.....	5
Gambar 2.1	Tipe Keruntuhan <i>Stone Column</i> Tunggal.....	8
Gambar 2.2	Tipe Keruntuhan <i>Stone Column</i> Grup	8
Gambar 2.3	Tipe Pemasangan <i>Stone Column</i>	9
Gambar 2.4	Grafik <i>Osterberg</i>	11
Gambar 2.5	Skema Urutan Pengujian Uji Penetrasi Standar	12
Gambar 2.6	Hubungan Nilai Kohesi dan N-SPT pada Tanah Kohesif	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1	Lokasi Proyek STA 1+275–1+375	34
Gambar 4.2	Data Parameter Tanah	35
Gambar 4.3	Lapisan Tanah Setelah Input Data Material	57
Gambar 4.4	Penyusunan Tekanan Muka Air Tanah	57
Gambar 4.5	Pemasangan Material <i>Stone Column</i>	58
Gambar 4.6	Total Displacement Sebelum Perbaikan	58
Gambar 4.7	Hasil Deformasi Sebelum Perkuatan <i>Stone Column</i>	59
Gambar 4.8	Total Displacement Setelah Perbaikan	60
Gambar 4.9	Hasil Deformation Mesh	61
Gambar 4.10	Grafik Konsolidasi	62
Gambar 4.11	Bidang Gelincir Sebelum Menggunakan <i>Stone Column</i>	63
Gambar 4.12	Bidang Gelincir Sesudah Menggunakan <i>Stone Column</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu yang Relevan dengan Topik Stone Column	6
Tabel 2.2	Koreksi yang Digunakan dalam Uji SPT (SNI 4153:2008)	12
Tabel 2.3	Besaran Sudut Geser Dalam Tanah	14
Tabel 2.4	Korelasi Jenis Tanah dengan Nilai Modulus Elastisitas dan Poisson Ratio	15
Tabel 2.5	Korelasi Jenis Tanah dengan Nilai Modulus Elastisitas	16
Tabel 4.1	Data Parameter Tanah	35
Tabel 4.2	Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas dan Beban di Luar Jalan	35
Tabel 4.3	Data Tanah Asli dan Timbunan	39
Tabel 4.4	Data Pembebanan dan Perencanaan Stone Column	41
Tabel 4.5	Tegangan Overburden pada BH-ABT01	43
Tabel 4.6	Perhitungan Penambahan Tegangan Vertikal ($\Delta\sigma$)	44
Tabel 4.7	Data Pembebanan JLU	49
Tabel 4.8	Hasil Konsolidasi Sebelum dan Sesudah Perbaikan	53
Tabel 4.9	Perhitungan Waktu Penurunan dengan <i>Stone Column</i> Pola Persegi	54
Tabel 4.10	Kisaran Permeabilitas Tanah (k) pada Temperatur 20°C (Das, 1983)	54
Tabel 4.11	Data Material	55
Tabel 4.12	Analisis Bahan	62
Tabel 4.13	Analisis Upah Pekerja	63
Tabel 4.14	Analisis Alat	63
Tabel 4.15	Rekap AHSP per 1 m ³	63
Tabel 4.16	Rekap RAB	64