

**PENELITIAN/RISET**

**PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE *STONE COLUMN* DI PELABUHAN INTERNATIONAL TIBAR,  
TIMOR-LESTE**



**DISUSUN OLEH :**

**RAIMUNDO NOVENA MARIA TITO GOMES**

**NIM : 03117092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS NAROTAMA  
SURABAYA**

**2022**

**PENELITIAN/RISET**

**PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE *STONE COLUMN* DI PELABUHAN INTERNATIONAL TIBAR, TIMOR-LESTE**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
Universitas Narotama Surabaya**

**DISUSUN OLEH:**

**RAIMUNDO NOVENA MARIA TITO GOMES**

**NIM: 03117092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS NAROTAMA  
SURABAYA**

**2022**



**LEMBAR PERSETUJUAN BIMBINGAN**

**PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE *STONE COLUMN* DI  
PELABUHAN INTERNATIONAL TIBAR, TIMOR-LESTE**

Disusun Oleh :

Raimundo Novena Maria Tito Gomes

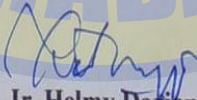
NIM : 03117092

Penelitian/Riset ini telah memenuhi persyaratan dan disetujui untuk di  
ujikan

Surabaya, 24 Juni 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

  
Dr. Ir. Helmy Darjanto, MT

NIDN : 0001096102

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENELITIAN/RISET INI  
TELAH DIAJUKAN DAN DIPERTAHANKAN DIHADAPAN  
TIM PENGUJI**

**PADA HARI SELASA, 30 AGUSTUS 2022**

**Judul Penelitian/Riset : PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE  
STONE COLUMN DI PELABUHAN  
INTERNASIONAL TIBAR, TIMOR-LESTE**

**Disusun oleh : Raimundo Novena Maria Tito Gomes**

**NIM : 03117092**

**Fakultas : Teknik Dan Ilmu Komputer**

**Program Studi : Teknik Sipil**

**Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA**

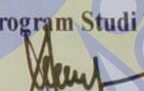
**Tim Penguji Terdiri :**

**1. Ketua Penguji**

**Mengesahkan,**

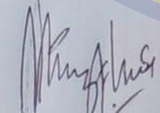
**Ketua Program Studi Teknik Sipil,**

  
**Dr. Ir. Adi Prawito, M.M., MT**  
**NIDN : 0706056601**

  
**Dr. Ir. Adi Prawito, M.M., MT**  
**NIDN : 0706056601**

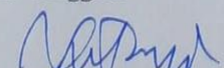
**2. Sekretaris**

**Dekan Fakultas Teknik  
dan Ilmu Komputer,**

  
**Farida Hardaningrum, S.Si, M.T**  
**NIDN : 0711037001**

  
**Dr. Cahyo Darujati, S.T., M.T**  
**NIDN : 0710097402**

**3. Anggota**

  
**Dr. Ir. Helmy Darjanto, MT**  
**NIDN : 0001096102**



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya

Nama : RAIMUNDO NOVENA MARIA TITO GOMES

NIM : 03117092

JUDUL PENELITIAN/RISET : PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE  
STONE COLUMN DI PELABUHAN  
INTERNATIONAL TIBAR, TIMOR-LESTE

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Penelitian/Riset ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat Karya/Pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Acuan/Daftar Pustaka.

Apabila ditemukan suatu Jiplakan/Plagiat maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi Akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh yang berwenang sesuai ketentuan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 30 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



nama: Raimundo Novena Maria Tito Gomes  
NIM: 03117068

# BERITA ACARA BIMBINGAN





## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa untuk segala berkat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian/Riset ini. Sebagai manusia saya menyadari akan adanya keterbatasan, kekurangan dan kesalahan. Namun saya telah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan yang terbaik agar Penelitian/Riset ini dapat selesai sesuai dengan harapan. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara saya tercinta, serta rekan mahasiswa yang mendukung saya dalam penyelesaian penelitian/riset ini.
2. Bapak Dr. Cahyo Darujati S.T.,M.T Selaku Dekan Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Narotama Surabaya.
3. Bapak Dr. Ir. Adi Prawito M.M., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya.
4. Bapak Dr. Ir. Helmy Darjanto, M.T Selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Bapak Juvelino Sequeira Selaku Supervisor PMU-TBPP.

Akhir kata penulis memohon maaf jika pada penelitian/riset ini masih terdapat kekurangan dan serta dengan segala kerendahan hati mengharapkan masukan dan saran membangun dari segenap pembaca demi kesempurnaan penelitian/riset ini. Semoga penelitian/riset ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, 30 Agustus 2022

Raimundo Novena Maria Tito Gomes

## **PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE *STONE COLUMN* DI PELABUHAN INTERNASIONAL TIBAR, TIMOR-LESTE**

Raimundo Gomes dan Helmy Darjanto  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer  
Universitas Narotama Surabaya, Indonesia  
[titogomes06@gmail.com](mailto:titogomes06@gmail.com), [helmy.darjanto@narotama.ac.id](mailto:helmy.darjanto@narotama.ac.id)

### **ABSTRAK**

*Stone column* (kolom batu) 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 dan kedalaman tertentu di dalam lapisan tanah yang bertujuan meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi *settlement*. Metode *stone column* ini dimaksud untuk merincikan pekerjaan perbaikan tanah di proyek ini baik di darat dan di laut. Metode *stone column* telah digunakan untuk memperbaiki tanah yang lemah sejak 1950-an. Elemen granular yang kaku dari *stone column* meningkatkan kekakuan dan ketahanan geser dari tanah yang lemah dan sifat kolom yang permeal mempercepat penyelesaian konsolidasi sehingga *settlement* sisa dapat dibatasi dalam nilai yang dapat ditoleransi. Berbagai metode desain telah digunakan untuk mendisain *stone column* selama bertahun-tahun mulai dari perhitungan tangan sederhana hingga model numerik yang rumit dan sangat kompleks. Pertimbangan penting meliputi jenis struktur yang akan didukung, sifat tanah in-situ parameter material *stone column*, rasio penggantian luas, konsentrasi tegangan dan waktu konsolidasi. Seperti metode geoteknik yang lain, metode *stone column* memerlukan pemeriksaan pemeriksaan stabilitas dan kemudahan kerja. Bukan hanya metode *stone column* tetapi ada beberapa metode desain yang akan dibahas pada makalah jurnal ini dan akan menyoroti beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing pendekatan. Yang penting, semua metode perbaikan tanah, mau yang sederhana ataupun kompleks, harus diverifikasi dengan pengujian pasca perawatan dengan pengukuran di lapangan.

**Kata kunci** : *Stone column*, *settlement*, metode desain yang lain.



## **SOIL IMPROVEMENT USING THE STONE COLUMN METHOD AT THE INTERNATIONAL PORT OF TIBAR, TIMOR-LESTE**

Raimundo Gomes and Helmy Darjanto  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering And  
Computer Science Narotama University, Surabaya, Indonesia  
[titogomes06@gmail.com](mailto:titogomes06@gmail.com), [helmy.darjanto@narotama.ac.id](mailto:helmy.darjanto@narotama.ac.id)

### **ABSTRACT**

Stone column is one of the soil improvement methods that fall into the category of "reinforcement" or soil strengthening which uses aggregate in the form of gravel or crushed stone to make columns with a certain diameter and depth in the soil layer with the aim of increasing the carrying capacity of the soil and reducing settlement. The stone column method is intended to detail the soil improvement work in this project both on land and at sea. The stone column method has been used to improve weak soils since the 1950s. The rigid granular elements of the stone column increase the stiffness and shear resistance of the weak soil and the permeable nature of the column accelerates consolidation settlement so that residual settlement can be limited to a tolerable value. Various design methods have been used to design stone columns over the years ranging from simple hand calculations to complex and highly complex numerical models. Important considerations include the type of structure to be supported, in-situ soil properties of stone column material parameters, area replacement ratio, stress concentration and consolidation time. Like other geotechnical methods, the stone column method requires stability checks and workability checks. Not only the stone column method but there are several design methods that will be discussed in this journal paper and will highlight some of the advantages and disadvantages of each approach. Importantly, all soil improvement methods, whether simple or complex, must be verified by post-treatment testing with field measurements.

Keywords : Stone column, settlement, another design method.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN BIMBINGAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Keaslian Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjaun Penelitian Terdahulu .....	4
2.2. Teori Dasar Yang Digunakan.....	7
2.2.1 Pelabuhan .....	7
2.2.2 Pengertian Tanah.....	8
2.2.3 Pengertian Stone Column.....	9

2.3.	Teknik Perbaikan Tanah.....	11
2.3.1	Konsolidasi.....	11
2.3.2	<i>Reinforcement</i> .....	13
2.3.3	<i>Compaction</i> .....	15
2.5.	Peningkatan Dan Mekanisme Pengangkutan Beban .....	16
2.5.1	Peningkatan Kekakuan Untuk Membatasi Penurunan.....	17
2.5.2	Peningkatan Kekuatan Geser Tanah .....	17
2.5.3	Mitigasi Likuifaksi .....	18
2.6.	Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Vibro Stone Column .....	18
2.6.1	Variasi Kondisi Tanah.....	18
2.6.2	Efek Instalasi.....	18
2.6.3	Kegiatan Pasca Instalasi.....	19
2.7	Gambaran Umum Tentang Metode Desain.....	19
2.7.1	Desain Untuk Pemukiman ( <i>Settlement</i> ).....	19
2.7.2	Desain Untuk Ketahanan Geser .....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1.	Diagram Alir.....	26
3.2.	Penjelasan Diagram Alir.....	27
3.3.	Data Proyek .....	28
3.4.	Waktu Penelitian .....	29
3.5.	Tempat Penelitian.....	29
3.6.	Metode Yang Digunakan.....	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Pabrik Dan Peralatan .....	30
4.2	Standard Penetration Test (SPT) .....	31



4.2.1	Peralatan Pengujian SPT .....	32
4.2.2	Penganalisis SPT .....	33
4.2.3	Metode Pengujian.....	34
4.2.4	Uji Hasil .....	34
4.3	Pekerjaan di Lapangan .....	36
4.3.1	Persiapan .....	36
4.3.2	Pengoprasian Stone Column .....	50
4.3.3	Pengujian Inspeksi .....	53
4.4	Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan.....	57
4.4.1	Keselamatan dan Kesehatan.....	57
4.4.2	Perlindungan Lingkungan .....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		60
5.1	Kesimpulan.....	60
5.3	Saran.....	60
LAMPIRAN.....		62
Lampiran 1.....		62
Lampiran 2 Alat berat untuk membantu pekerjaan kolom batu .....		63
DAFTAR PUSTAKA .....		64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	4
Tabel 4. 1 Vibroflot.....	30
Tabel 4. 2 Vibrating Tube .....	31
Tabel 4. 3 Spesifikasi Dari Peralatan SPT .....	32
Tabel 4. 4 Hasil rasio energi SPT.....	35
Tabel 4. 5 Informasi Sistem Rangka Tiang Pancang Ruian Bada .....	37
Tabel 4. 6 Informasi Vibro-Hammer Ruian Bada.....	38
Tabel 4. 7 Informasi Vibroflot dari Beijing Vibroflotation .....	40
Tabel 4. 8 Koordinat titik SPT .....	46
Tabel 4. 9 Koordinat Kolom Batu di Area Percobaan 1 .....	47
Tabel 4. 10 Koordinat Kolom Batu di Area Percobaan 2 .....	48
Tabel 4. 11 Koordinat Kolom Batu di Area Percobaan 4 .....	50
Tabel 4. 12 Koordinat Kolom Batu di Area Percobaan 5 .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Tanah (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021) .....	9
Gambar 2. 2 Metode konstruksi <i>stone column</i> (Google) .....	11
Gambar 2. 3 Konsolidasi PVD (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021) .....	12
Gambar 2. 4 <i>Vacuum Consolidation</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021).....	12
Gambar 2. 5 <i>Stone column</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021).....	13
Gambar 2. 6 <i>Deep soil mixing</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021) .....	14
Gambar 2. 7 <i>Rigid inclusion/FDC</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021) ..	14
Gambar 2. 8 <i>Vibro compaction</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021).....	15
Gambar 2. 9 <i>Dynamic compaction</i> (Bauer, Materi <i>Ground Improvement</i> 2021) .	16
Gambar 2. 10 Perbandingan faktor peningkatan dihitung dengan metode yang berbeda .....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	26
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Tibar Bay Port International Timor-Leste .....	29
Gambar 4. 1 Perbandingan faktor peningkatan dihitung dengan metode yang berbeda .....	23
Gambar 4. 2 Vibrating Tube dari Ruian Bada .....	37
Gambar 4. 3 Vibro-Hammer dari Ruian Bada .....	38
Gambar 4. 4 Katup yang terpasang di bagian bawah tabung.....	39
Gambar 4. 5 Monitor pencatatan secara manual.....	39
Gambar 4. 6 Vibroflot dari Beijing Vibroflotation .....	40
Gambar 4. 7 Monitor di pasang di ruang operasi.....	41
Gambar 4. 8 Laporan grafik dari parameter yang berbeda .....	41
Gambar 4. 9 Area Percobaan Untuk Kolom Batu Area 1,2 dan 5 .....	42
Gambar 4. 10 Area Percobaan Untuk Kolom Batu Area 4 .....	42
Gambar 4. 11 Nilai Kurva SPT dari SL03 (2013) dan BH09 (2016) .....	43
Gambar 4. 12 Nilai Kurva SPT dari SL03 dan Pre-BL09.....	44
Gambar 4. 13 Area Percobaan 1 .....	44
Gambar 4. 14 Area Percobaan 2 .....	45
Gambar 4. 15 Area Percobaan 4 .....	45
Gambar 4. 16 Area Percobaan 5 .....	45



Gambar 4. 17 Urutan Pengoprasian Kolom Batu.....	51
Gambar 4. 18 Kurva SPT untuk elevasi 6,05m.....	54
Gambar 4. 19 Skema SPT .....	55

