

PERILAKU PENAMBAHAN KOLOM BATU (*STONE COLUMN*) SEBAGAI PERKUATAN PADA TANAH DASAR (*SUB GRADE*) LUNAK

Behavior of Stone Column Adding Treatment as Reinforcement on Soft Sub Grade

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

FAJAR TRI WIBOWO

I0112043

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

PERILAKU PENAMBAHAN KOLOM BATU (*STONE COLUMN*) SEBAGAI PERKUATAN PADA TANAH DASAR (*SUB GRADE*) LUNAK

Behavior of Stone Column Adding Treatment as Reinforcement on Soft Sub Grade

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh:

FAJAR TRI WIBOWO

NIM 10112043

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan tim penguji skripsi
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

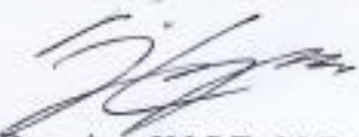
Persetujuan dosen pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T

NIP. 19690717 199702 1 001


R. Harya Dananjaya H.I S.T., M.Eng

NIP. 19850917 201404 1 001

PENGESAHAN

**PERILAKU PENAMBAHAN KOLOM BATU (*STONE COLUMN*)
SEBAGAI PERKUATAN PADA TANAH DASAR
(*SUB GRADE*) LUNAK**

*Behavior of Stone Column Adding Treatment as Reinforcement on
Soft Sub Grade*

Disusun oleh:

FAJAR TRI WIBOWO

NIM 1 0112043

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Hari : Rabu

Tanggal : 27 Juli 2016

Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T

NIP. 19690717 199702 1 001

R. Harva Dananjaya H.I S.T., M.Eng

NIP. 19850917 201404 1 001

Dr. Niken Silmi Surjandari, ST,MT

NIP. 19690903 199702 2 001

Yusep Muslih Purwana, ST, MT, PhD

NIP. 19680702 199502 1 001



Disahkan,
Tanggal : 04 AUG 2016

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS



Wibowo, S.T., DEA.

NIP. 19681007 199502 1 001

MOTTO

“Ingatlah kamu tidak akan memperoleh ilmu kecuali dengan enam perkara yang akan aku terangkan dari kesemuanya itu dengan jelas yaitu : cerdas, tekun dan teliti, ada kemauan, sabar, ada bekal, mengikuti petunjuk guru, dan lamanya masa”

(Ali bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini kepada :

Ayah dan Ibuku Tercinta...

Ikhsan dan Nur Kustiningsih

Kakak-kakakku tersayang...

Ivana dewi dan Letda Joko Susilo

Heru Budi Prasetya S.T dan Marlia Yulianti Rosyidah S.Si

Keponakanku tersayang...

Alfi, Dini, Chika, Daffa, Daffi

Almamaterku...

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Bangsa dan Tanah Airku...

ABSTRAK

FAJAR TRI WIBOWO, 2016. Perilaku penambahan kolom batu (*stone column*) sebagai perkuatan pada tanah dasar (*sub grade*) lunak. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kerusakan jalan mengakibatkan perlunya perkuatan tanah untuk mengatasi permasalahan pada tanah lunak, perkuatan *stone column* salah satu alternatif yang bisa digunakan. Perkuatan ini berupa rangkaian beberapa pondasi kolom batu yang dipasang memanjang pada tanah dasar (*sub grade*) perkerasan jalan raya.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perilaku *stone column* terhadap lendutan pada tanah dasar (*sub grade*) lunak, dan membandingkan lendutan antara pengamatan dengan pendekatan menggunakan rumus Hetenyi (1974). Koefisien *sub grade* tanah di gunakan untuk mengetahui besarnya modulus reaksi tanah dasar, yang selanjutnya di gunakan untuk menganalisis hasil lendutan dengan metode pendekatan menggunakan rumus Hetenyi (1974). Penentuan koefisien *sub grade* di dapat dari lendutan rerata hasil uji secara pengamatan.

Penelitian ini merupakan penelitian skala kecil uji model laboratorium. Tanah lunak di perkuat dengan kolom batu (*stone column*) dengan ukuran batu lolos saringan 3/8 tertahan saringan 4. Jaring kawat digunakan untuk membungkus batu-batu tersebut agar dapat di bentuk menjadi semacam tiang yang kemudian di masukkan ke dalam tanah yang telah di lubangi dengan jarak antar kolom adalah 125 mm. Penambahan *sub base* kerikil setinggi 30 mm dan *base course* pasir setinggi 30 mm juga termasuk variasi dalam penelitian kali ini.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perkuatan dengan *stone column* mampu mereduksi lendutan yang terjadi pada pelat jika di bandingkan tanpa perkuatan sebesar 25,18% untuk titik sentris, dan 33,65% untuk titik eksentris. Perbandingan lendutan antara pengamatan dengan metode pendekatan rumus Hetenyi (1974) secara umum memberikan lendutan yang hampir sama, akan tetapi selisih nilai pembebanan masih cukup besar.

Kata kunci : tanah lunak, koefisien *sub grade*, *stone column*, lendutan.

ABSTRACT

FAJAR TRI WIBOWO, 2016. Behavior of Stone Column Adding Treatment as Reinforcement in Soft Sub Grade. A Theses. Civil Engineering Study Program. Engineering Faculty. Sebelas Maret University.

Damage to roads lead to the need for soil reinforcement to solve the problems on soft soil, stone column reinforcement one alternative that can be used. This system consisted of some stone columns footing which attached horizontally on sub grade of the highway.

The purpose of this study was to determine the behavior of stone column against the deflection on the soft subgrade, and compare the deflection between the observations with the approach of using formula Hetenyi (1974) . The coefficient of sub -grade soil is used to determine the modulus of subgrade reaction , which in turn is used to analyze the results of deflection by using a formula approach Hetenyi (1974) . The determination of the coefficient of sub -grade on average can of deflection in the observation test results.

This study is a small-scale model test laboratory. Soft soil reinforced with stone columns (stone column) with the size of the stones through sieve 3/8 and retained through sieve 4. Wire mesh used to wrap the stones so they can be in the form of a sort of pole then be entered into the land that has been in the holes with distance between columns is 125 mm . The addition of sub- base gravel as high as 30 mm and base course of sand as high as 30 mm also includes variations in the current study .

The result of this study showed that reinforcement using stone column decreased the deflection on the plate when compared with no unreinforced of 25.18 % for centric point , and 33.65 % for the eccentric point . Comparison of deflection between observation methods Hetenyi formula approach (1974) generally provides deflection which is almost the same, but the difference in value of loading is still quite large .

Keywords: *soft soil, sub grade coefficient, stone column, deflection*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat hidayah dan karunia yang tidak ternilai yang telah diberikan sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Perilaku Penambahan Kolom Batu (*Stone Column*) Sebagai Perkuatan Pada Tanah Dasar (*Sub Grade*) Lunak. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan jenjang Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan pengarahan serta kemudahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Wibowo, S.T, DEA selaku pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
2. Dr. Bambang Setiawan, ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian hingga penulisan tugas akhir ini.
3. R. Harya Dananjaya H.I S.T, M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian hingga penulisan tugas akhir ini.
4. Ir. Agus Hari Wahyudi, M.Sc selaku dosen pembimbing akademik atas segala arahan, bimbingan serta dukungannya.
5. Ayah, Ibu, Kakak-kakak, dan saudara-saudara yang terus memberikan dorongan moral dan spiritual
6. Teman-teman tim perkuatan tanah dasar lunak yang telah bekerja sama dengan sangat baik dalam penelitian kali ini.
7. Teman-teman Kos Cuplis yang telah menjadi sahabat dekat selama kuliah, terima kasih atas canda dan tawa yang diberikan
8. Teman-teman S-1 Teknik Sipil angkatan 2012 terima kasih atas dukungan dan kerjasama yang kompak.

9. Pihak-pihak lain yang telah banyak memberi sumbangan pikiran dan bantuan selama penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih ada kekurangan, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis dan semua pihak yang memerlukan.

Surakarta, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL ----- | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN----- | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN ----- | iii |
| MOTO----- | iv |
| PERSEMBAHAN ----- | v |
| ABSTRAK----- | vi |
| <i>ABSTRACT</i> ----- | vii |
| KATA PENGANTAR ----- | viii |
| DAFTAR ISI ----- | x |
| DAFTAR TABEL ----- | xii |
| DAFTAR GAMBAR----- | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN ----- | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang----- | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah----- | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah----- | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian----- | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian----- | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI | |
| 2.1. Tinjauan Pustaka----- | 4 |
| 2.2 Landasan Teori ----- | 5 |
| 2.2.1 Perkuatan <i>Stone Column</i> | 5 |
| 2.2.2 Tanah Lunak..... | 6 |
| 2.2.3 Koefisien <i>Sub Grade</i> Tanah (k_v)..... | 7 |
| 2.2.4 Lendutan..... | 9 |
| 2.2.5 <i>Pile Cap</i> | 11 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |

| | | |
|----------------------|--|----|
| 3.1. | Tinjauan Umum----- | 12 |
| 3.2. | Alat dan Bahan----- | 13 |
| 3.2.1 | Alat----- | 13 |
| 3.2.2 | Bahan ----- | 16 |
| 3.3. | Diagram Alir Penelitian..... | 20 |
| 3.4 | Tahap Penelitian..... | 21 |
| 3.4.1 | Tahap Persiapan..... | 21 |
| 3.4.2 | Tahap Penelitian Utama..... | 27 |
| | | |
| BAB IV | ANALISIS DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 | Hasil Penelitian Pendahuluan ----- | 35 |
| 4.2 | Hasil Penelitian Utama ----- | 37 |
| 4.2.1 | Perbandingan lendutan beban 20 kg----- | 37 |
| 4.2.2 | Perbandingan lendutan beban 40 kg----- | 41 |
| 4.2.3 | Perbandingan lendutan beban 60 kg----- | 46 |
| 4.2.4 | Perbandingan lendutan beban 80 kg----- | 51 |
| 4.2.5 | Perbandingan nilai setiap pembebanan dari semua variasi ----- | 57 |
| 4.3 | Membandingkan Lendutan Pengamatan dengan Rumus Hetenyi (1974) ----- | 58 |
| 4.3.1 | Pengujian lendutan variasi A ----- | 58 |
| 4.3.2 | Pengujian lendutan variasi B ----- | 60 |
| 4.3.3 | Pengujian lendutan variasi C ----- | 61 |
| 4.3.4 | Pengujian lendutan variasi D ----- | 63 |
| | | |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 | Kesimpulan ----- | 65 |
| 5.2 | Saran ----- | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA ----- | | 61 |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Penggolongan Tanah Kohesif Berdasarkan Nilai CBR ----- | 6 |
| Tabel 3.1 | Penamaan variasi pembebanan ----- | 27 |
| Tabel 4.1 | Rekapitulasi pengujian parameter pendahuluan----- | 35 |
| Tabel 4.2 | Kontrol kadar air selama 6 hari ----- | 36 |
| Tabel 4.3 | Perbandingan lendutan sentris maksimum setiap variasi ----- | 54 |
| Tabel 4.4 | Perbandingan hasil lendutan eksentris dari setiap variasi----- | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Struktur Lapisan Perkerasan Jalan ----- | 7 |
| Gambar 2.2 | Penentuan lendutan rerata (δ_a) untuk pelat fleksible ----- | 9 |
| Gambar 2.2 | Perilaku balok menerus yang dibebani di atas media elastis ----- | 9 |
| Gambar 2.3 | Balok terhingga yang dibebani beban titik sentris ----- | 10 |
| Gambar 2.4 | Hitungan lendutan akibat beban titik eksentris----- | 11 |
| Gambar 3.1 | Bak Pengujian Berukuran Panjang 1 m Lebar 1 m dan Tinggi 0.60 m----- | 13 |
| Gambar 3.2 | Tampak Atas Alat Model 3 Dimensi ----- | 13 |
| Gambar 3.3 | Potongan A-A Alat Model 3 Dimensi ----- | 14 |
| Gambar 3.4 | Potongan B-B Alat Model 3 Dimensi ----- | 14 |
| Gambar 3.5 | <i>Dial Gauge</i> ----- | 15 |
| Gambar 3.6 | <i>Waterpass</i> ----- | 15 |
| Gambar 3.7 | Alat Pembebanan ----- | 16 |
| Gambar 3.8 | Bor Tanah ----- | 16 |
| Gambar 3.9 | Pengambilan tanah ----- | 17 |
| Gambar 3.10 | Batu Pecah / Kerikil----- | 17 |
| Gambar 3.11 | Jaring kawat ----- | 18 |
| Gambar 3.12 | Sketsa penempatan pelat baja pada bak pengujian | 18 |
| Gambar 3.13 | Pasir----- | 19 |
| Gambar 3.14 | Kerikil----- | 19 |
| Gambar 3.15 | Diagram Alir Penelitian----- | 20 |
| Gambar 3.16 | <i>Stone column</i> ----- | 21 |
| Gambar 3.17 | Pengambilan tanah dengan cangkul----- | 22 |
| Gambar 3.18 | Memasukan tanah ke dalam kantong plastik ----- | 22 |
| Gambar 3.19 | Menimbang tanah (a), Memasukan tanah ke dalam Box uji ----- | 23 |
| Gambar 3.20 | Melubangi tanah (a), lubang <i>stone column</i> (b) ----- | 24 |
| Gambar 3.21 | Model <i>Stone Column</i> ----- | 24 |
| Gambar 3.22 | Pemasangan alat pembebanan ----- | 25 |
| Gambar 3.23 | Pemasangan Alat Pembebanan ----- | 25 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.24 | Memastikan permukaan rata ----- | 26 |
| Gambar 3.25 | Tampak samping pemasangan alat pembebanan----- | 26 |
| Gambar 3.26 | Pemasangan Model <i>Stone Coloumn</i> pada bak pengujian dengan jarak horizontal dan vertikal 12,5 cm----- | 28 |
| Gambar 3.27 | Pengujian lendutan sentris tanpa perkuatan----- | 29 |
| Gambar 3.28 | Ilustrasi pengujian lendutan sentris tanpa perkuatan ----- | 30 |
| Gambar 3.29 | Pengujian lendutan sentris variasi B ----- | 31 |
| Gambar 3.30 | Tampak samping pengujian lendutan sentris variasi B ----- | 31 |
| Gambar 3.31 | Pengujian lendutan sentris variasi C ----- | 32 |
| Gambar 3.32 | Tampak samping pengujian lendutan sentris variasi C ----- | 32 |
| Gambar 3.33 | Pengujian lendutan sentris variasi D----- | 33 |
| Gambar 3.34 | Tampak samping pengujian lendutan sentris variasi D ----- | 33 |
| Gambar 3.35 | Pembebanan eksentris----- | 34 |
| Gambar 3.36 | Tampak samping pembebanan eksentris ----- | 34 |
| Gambar 4.1 | Nilai kadar air tanah selama 6 hari ----- | 36 |
| Gambar 4.2 | Lendutan sentris beban 20 kg variasi A dan variasi B ----- | 37 |
| Gambar 4.3 | Lendutan eksentris beban 20 kg variasi A dan variasi B---- | 38 |
| Gambar 4.4 | Lendutan sentris beban 20 kg variasi A, variasi B dan variasi C ----- | 39 |
| Gambar 4.5 | Lendutan eksentris beban 20 kg variasi A, variasi B dan variasi C ----- | 39 |
| Gambar 4.6 | Perbandingan lendutan sentris beban 20 kg dari setiap variasi ----- | 40 |
| Gambar 4.7 | Perbandingan lendutan eksentris beban 20 kg dari setiap variasi ----- | 41 |
| Gambar 4.8 | Lendutan sentris beban 40 kg variasi A dan variasi B ----- | 42 |
| Gambar 4.9 | Lendutan eksentris beban 40 kg variasi A dan variasi B---- | 42 |
| Gambar 4.10 | Lendutan sentris beban 40 kg variasi A, variasi B dan variasi C ----- | 43 |
| Gambar 4.11 | Lendutan eksentris beban 40 kg variasi A, variasi B dan variasi C ----- | 44 |
| Gambar 4.12 | Perbandingan lendutan sentris beban 40 kg dari setiap | |

| | |
|---|-----------|
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> <p>Gambar 4.31 Lendutan eksentris variasi B antara pengamatan dan</p> <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>60</p> |
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> <p>Gambar 4.32 Lendutan sentris variasi C antara pengamatan dan</p> <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>61</p> |
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> <p>Gambar 4.33 Lendutan eksentris variasi C antara pengamatan dan</p> <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>62</p> |
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> <p>Gambar 4.34 Lendutan sentris variasi D antara pengamatan dan</p> <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>62</p> |
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> <p>Gambar 4.35 Lendutan eksentris variasi D antara pengamatan dan</p> <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>63</p> |
| <p style="text-align: center;">Hetenyi (1974)-----</p> | <p>64</p> |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|------------|--|
| Lampiran A | Data Uji Tanah |
| Lampiran B | Data Pengujian Lendutan |
| Lampiran C | Foto <i>Stone column</i> Setelah Diberi Pembebanan |
| Lampiran D | Surat Kelengkapan Skripsi |