

TUGAS AKHIR
“STUDI PENELITIAN MICROBIALLY INDUCE CALCITE
PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA
TERHADAP NILAI KUAT GESER TANAH.”

Disusun dan Ditunjukkan Untuk Memenuhi Persyaratan
Sarjana Teknik S-1 Institut Teknologi Nasional Malang



Disusun Oleh :

M.BAGUS BUDIONO

21.21.035

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2025

LEMBAR PERSETUJUAN

“STUDI PENELITIAN MICROBIALLY INDUCE CALCITE PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KUAT GESER TANAH.”

Disusun Oleh:

M. BAGUS BUDIONO

21.21.035

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
pada tanggal 15 Agustus 2025

Dosen Pembimbing,

Dosen Pembimbing I

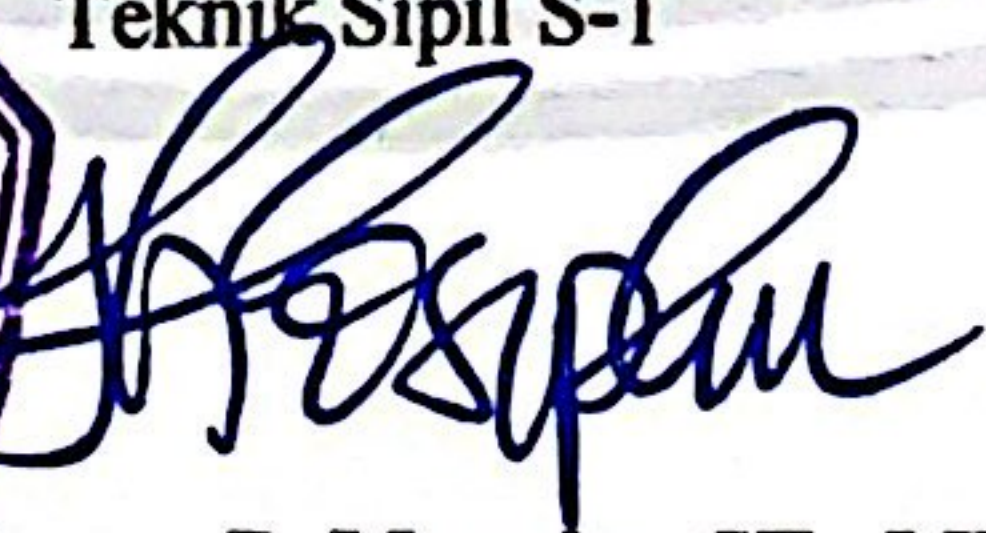
Dosen Pembimbing II


Ir. Eding Iskak Imananto, MT.
NIP. 196605061993031004


Eri Andrian Yudianto, ST., MT
NIP.Y. 10303000380

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1



Dr. Yessimson P. Manaha, ST., MT.
NIP. P. 1030300383

LEMBAR PERSETUJUAN

“STUDI PENELITIAN MICROBIALY INDUCE CALCITE PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KUAT GESER TANAH.”

Disusun Oleh:

M. BAGUS BUDIONO

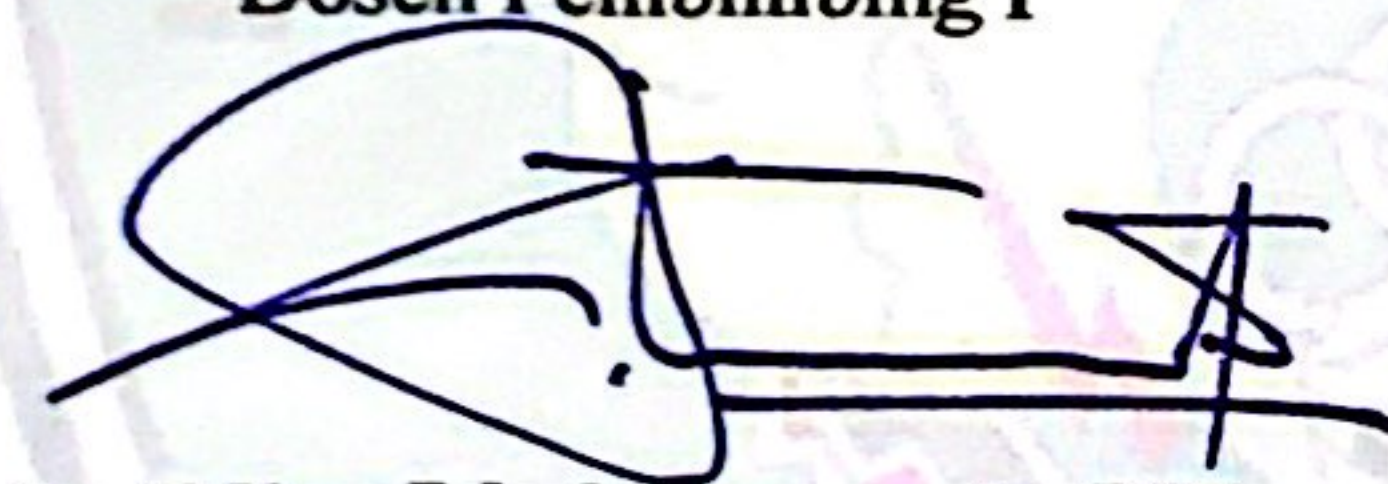
21.21.035

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
pada tanggal 15 Agustus 2025

Dosen Pembimbing,

Dosen Pembimbing I

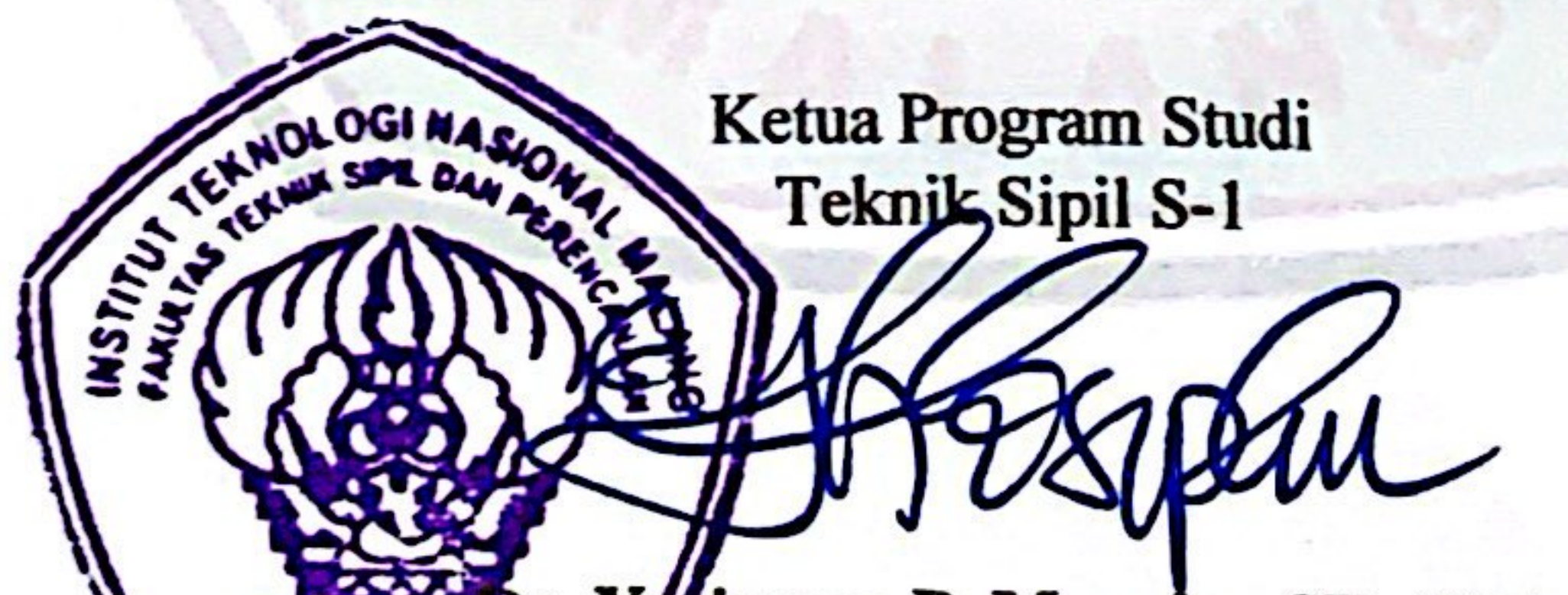
Dosen Pembimbing II


Ir. Eding Iskak Imananto, MT.
NIP. 196605061993031004


Eri Andrian Yudianto, ST., MT
NIP.Y. 10303000380

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.
NIP. P. 1030300383

LEMBAR PENGESAHAN

“STUDI PENELITIAN MICROBially INDUCE CALCITE PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KUAT GESER TANAH.”

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang S-1 Pada Tanggal 15 Agustus 2025 Dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satau Syatar Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:

M. BAGUS BUDIONO

21.21.035

Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Ir. I Wayan Mundra, M.T
NIP. Y. 1018700150

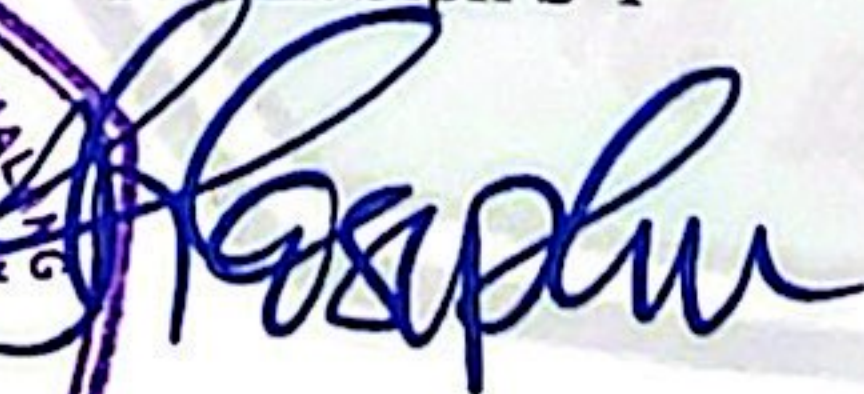
Dosen Penguji II



Dr. Vega Aditama, S.T, M.T
NIP. P. 1031900559

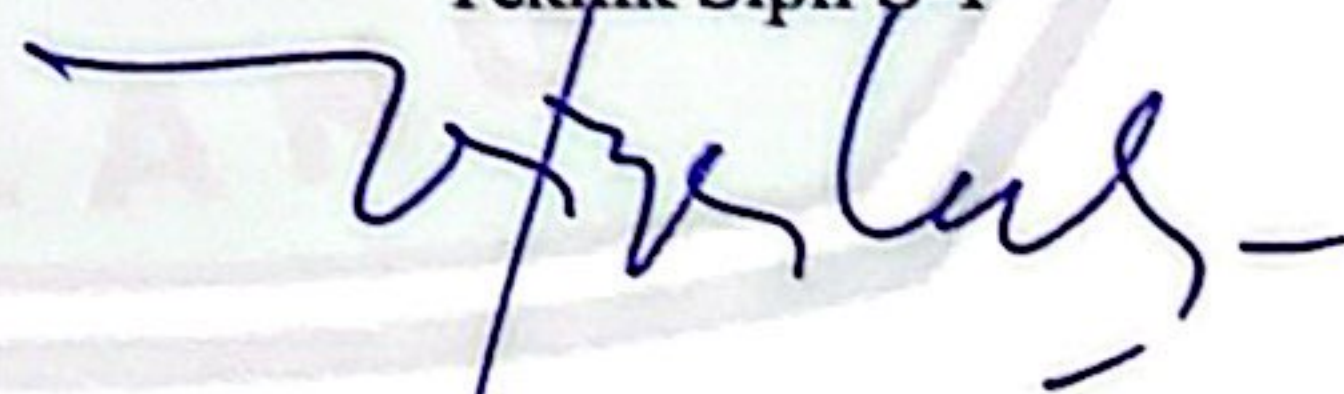
Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.
NIP. P. 1030300383

Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1



Nenny Roostrianawaty, ST., MT.
NIP. P. 1031700533



PERSYARATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Bagus Budiono

NIM : 2121035

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul :

**"STUDI PENELITIAN MICROBIALY INDUCE CALCITE
PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA
TERHADAP KUAT GESER TANAH"**

Adalah sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam naskah TUGAS AKHIR ini tidakterdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademiknya disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur PLAGIASI, saya bersedia Tugas Akhir ini diguguran dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan pasal 70).

Malang,.....2025


M. BAGUS BUDIONO

21.21.035

LEMBAR MOTO DAN PERSEMBAHAN

*"Melamban bukanlah hal yang tabu, kadang itu yang kau butuh
Bersandar hibahkan bebamu. Tak perlu kau berhenti kurasi
Ini hanya sementara, bukan ujung dari rencana"*

(Perunggu – 33x)

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT serta Shalawat dan salam untuk Nabi Muhammad SAW, skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Alm Bapak Ma'ruf dan Ibu Nuriyati yang selalu mendukung saya, memperjuangkan semua untuk saya, mengorbankan segenap jiwa dan raganya untuk saya agar bisa menempuh kehidupan yang lebih baik, saya ucapkan trimakasih, kelak saya akan membahagiakan kalian seperti kalian membahagikan saya. untuk ibu saya yang tercinta semoga ibu diberikan kesehatan dan panjang umur agar dapat melihat anakmu ini sukses, saya yakin akan membahagikan ibu dengan semua perjuangan anakmu ini. untuk alm ayah saya yang tercinta, semoga ayah tenang dan diterima segalah amal ibadanya, kini saya sudah mewujudkan salah satu keinginan ayah, diaman ayah selalu menginginkan anaknya menjadi seorang sarjanan. sekali lagi trimakasih untuk ayah dan ibu saya yang sudah sangat berjuang untuk saya, maaf untuk kali ini saya msih belum membahagikan kalian tetapi suatu saat saya akan membahagiakan kalian semua.
2. Kakak saya tercinta Nurul Hikmatul Fitiyah, Nur Andik, Dwi Ari Firmansyah, Ahmad Taufik, saya ucapkan tetimakasih atas segala dukungan agar saya sememangat menjalani perkuliahan ini, selalu menjadi pelindung saya apapun kondisi yang saya alami, selalu memahami perasaan saya. semoga kalian menjadi orang yang dilimpahkan riskinya oleh tuhan, dan saya akan membuktikan kepada kalian kalau saya bisa menjadi orang orang yang sukses.

3. Untuk diri saya sendiri Muhammad Bagus Budiono, kamu adalah orang yang kuat, orang yang hebat, buktikan kepada semua orang yang sudah menyepelkan ada bahwa kelak anda bisa lebih dari mereka, trimakasih sudah bertahan sejauh ini, ini semua bukan hal yang mudah bagi anda tetapi anda sanggup melewati ini semua dengan baik. Terus jadilah orang yang baik dan tunjukan kepada orang yang sudah menyepelkan anda bahwa anda bisa
4. Teman teman yang sudah membantu skripsi saya dan sebagai sodara saya Aditiya Affandi, Gunawan Julianto, Wildan Bayu Saputra, M. Nuril Fahrizal Akbar, Sandy Yudha Del Piero, Riyan Maulana Putra, Rakha Radhitya Putra Yudianto, Ricky Indra Sapta, Talen Lab, dan salah satu seseorang yang tidak bisa saya sebut namanya, yang selalu membantu saya disegala keadaan saya , dan mau berteman baik dengan saya, semoga pertemanan ini tidak selesai sampai disini, semoga pertemanan ini bisa sampai kita tua dan menutup mata, meskipun kita beda pulau beda suku semoga kelak kita dipertemukan kembali difase terbaik kita bersama anak istri kita dan segala kesuksesan kita. trimakasih banyak teman temanku.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Karena atas penyertaan-Nya yang telah memberikan kelancaran menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“STUDI PENELITIAN MICROBIALY INDUCE CALCITE PRECIPITATION PADA TANAH LANAU SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KUAT GESER TANAH.”**. Penulisan Proposal tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan bantuan beberapa pihak.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa hormat serta terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.** Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITN Malang
2. **Ibu Nenny Roostrianawaty, ST., MT.** selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang
3. **Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT.** Selaku Dosen Pembimbing I
4. **Bapak Eri Andrian Yudianto, ST, MT.** Selaku Dosen Pembimbing II
5. **Bapak atau Ibu Dosen ITN Malang** khususnya Prodi Teknik Sipil S1 yang telah memberikan ilmu pengetahuan guna menunjang penyusunan Tugas Akhir.
6. **Semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan Tugas Akhir.**

Penyusun menyadari bahwa dalam menyelesaikan tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Untuk itu penyusun mengharapkan masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca pada umumnya.

Malang,.....2025

M. BAGUS BUDIONO

21.21.035

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii

LEMBAR PENGESAHAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... viii

DAFTAR TABEL..... xiv

ABSTRAK..... xvii

ABSTRACT..... xviii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

 1.1 Latar Belakang..... 1

 1.2 Identifikasi Masalah..... 2

 1.3 Rumusan Masalah..... 3

 1.4 Batasan Masalah 3

 1.5 Tujuan Penelitian 4

 1.6 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

 2.1 Penelitian Terdahulu 6

 2.2 Landasan Teori 9

 2.2.1 Tanah..... 9

 2.2.2 Tanah Lanau..... 9

 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Tanah 10

 2.3.1 Klasifikasi Tanah 10

 2.3.2 Kuat Geser Tanah..... 13

 2.4 Microbially Induce Calcite Precipitation (MICP)..... 14

 2.4.1 *Bio-Grouting* 15

 2.4.2 *Bakteri Bacillus Subtilis* 16

 2.5 Pengujian Laboratorium..... 18

 2.5.1. Kadar Air..... 18

 2.5.2. Berat Jenis Tanah 19

 2.5.3. Batas Cair 20

 2.5.4. Batas Plastis 21

2.5.5.	Analisa Hidrometer	23
2.5.6.	Unconfined Compressive Strength.....	23
2.5.7.	<i>Direct Shear Test</i>	24
2.5.8.	<i>Triaxial Compression Test</i>	27
2.6	Proses pencampuran Tanah Lanau dengan Bakteri	28
2.7	Uji Hipotesis Penelitian	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		32
3.1	Tujuan Penelitian Secara Operasional	32
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
3.2.1	Tempat Penelitian.....	32
3.2.2	Waktu Penelitian	32
3.3	Metode Penelitian	33
3.4	Populasi dan Sampel.....	34
3.5	Alat dan Bahan.....	34
3.6	Perlakuan Benda Uji	35
3.7	Metode Pengumpulan Data.....	36
3.7.1	Pengujian Fisik Tanah.....	36
3.7.2	Pengujian Mekanik Tanah.....	40
3.7.3	Pembuatan Larutan Sementasi	41
3.7.1	Pencampuran dan pembuatan Sampel Tanah.....	42
3.8	Metode Uji - F (Two-Way ANOVA)	44
3.9	Bagan Alir Penelitian.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Penelitian Pendahuluan.....	48
4.1.1	Pengujian Sifat Fisik Tanah	48
4.1.2	Pengujian Sifat Mekanik Tanah	56
4.2	Pencampuran Tanah Dengan Bakteri.....	66
4.2.1	Pembuatan Larutan Sementasi	66
4.2.2	Uji Compaction (Standart Proctor)	68
4.2.3	Pencampuran Dengan Variasi Rencana	71
4.2.4	Masa Pemeraman dengan Variasi Campuran rencana	72
4.3	Pengujian Fisik dan Mekanik pada masa Pemeraman 3 hari.....	73
4.4.3	Variasi campuran 2,5%	73
4.3.2	Variasi campuran 4,5%	79

4.3.3	Variasi campuran 6,5%	85
4.3.4	Variasi campuran 8,5%	91
4.5	Grafik Pengaruh Bakteri	97
4.4	Pengujian Fisik Dan Mekanik Pada Masa Pemaraman 7 hari	99
4.4.4	Variasi campuran 2,5%	99
4.4.2	Variasi Campuran 4,5%	105
4.4.3	Variasi Campuran 6,5%	111
4.4.4	Variasi Campuran 8,5%	117
4.6	Grafik Pengaruh Bakteri	123
4.4	Pengujian Fisik dan Mekanik pada masa Pemeraman 14 Hari	125
4.4.1	Variasi campuran 2,5%	125
4.4.2	Variasi campuran 4,5%	131
4.4.3	Variasi campuran 6,5%	137
4.4.4	Variasi campuran 8,5%	143
4.7	Grafik Pengaruh Bakteri	150
4.8	Pengujian Fisik dan Mekanik pada masa Pemeraman 28 Hari	152
4.8.1	Variasi campuran 2,5%	152
4.8.2	Variasi campuran 4,5%	158
4.8.3	Variasi campuran 6,5%	164
4.8.4	Variasi campuran 8,5%	170
4.8	Grafik Pengaruh Bakteri	177
4.9	Grafik Pengaruh Bakteri	180
4.10	Hipotesis Penelitian (<i>Two-Way ANOVA</i>)	184
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		187
5.1	KESIMPULAN	187
5.2	SARAN	188
DAFTAR PUSTAKA		189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Garis keruntuhan dan hukum keruntuhan dari Mohr-Coulmb.	13
Gambar 2. 2 Bakteri Bacillus Subtillis.....	17
Gambar 2.3 Grafik Hubungan antara Index Plastis dengan batas cair.....	22
Gambar 2.4 Grafik Hubungan antara tegangan normal dan deformasi horizontal.	25
Gambar 2.5 Grafik Mohr-Coulumb	26
Gambar 2.6 Grafik Tegangan-regangan dan lingkaran mohr.	27
Gambar 2.7 Bagan alir proses pencampuran tanah dan bakteri	29
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4. 1Pengujian kadar air asli	48
Gambar 4. 2Pengujian berat jenis tanah halus	49
Gambar 4. 3 Pengujian Analisa Hidrometer	51
Gambar 4. 4Grafik analisa butiran.....	52
Gambar 4. 5Klasifikasi tanah USDA.....	53
Gambar 4. 6 Pengujian Batas Cair Tanah.....	53
Gambar 4. 7 Pengujian Batas Plastis Tanah	54
Gambar 4. 8Hubungan PI dan LL.....	55
Gambar 4. 9Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	57
Gambar 4. 10Grafik kohesi dan sudut geser	59
Gambar 4. 11Pengujian Triaxial	60
Gambar 4. 12Grafik lingkaran mohr Triaxial	62
Gambar 4. 13Pengujian UCS	63
Gambar 4. 14Grafik nilai q_u uji UCS	65
Gambar 4. 15 Bakteri Bacillus subtillis, $CaCl_2$, Urea	66
Gambar 4. 16 Larutan Simentasi.....	68
Gambar 4. 17 Uji standart proctor	68
Gambar 4. 18Grafik Standart Proctor	70
Gambar 4. 19 Pemeraman dalam desikator vacuum.....	73
Gambar 4. 20 Grafik uji ukuran butiran.....	74

Gambar 4. 21 Klasifikasi tanah dengan USDA	75
Gambar 4. 22 Hasil pengujian batas cair tanah.....	75
Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	76
Gambar 4. 24 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	76
Gambar 4. 25 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	77
Gambar 4. 26 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	78
Gambar 4.27 Grafik Nilai q_u UCS.....	78
Gambar 4. 28 Grafik uji ukuran butiran.....	80
Gambar 4. 29 Klasifikasi tanah dengan USDA	80
Gambar 4. 30 Hasil pengujian batas cair tanah.....	81
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	82
Gambar 4. 32 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	82
Gambar 4. 33 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	83
Gambar 4. 34 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	84
Gambar 4.35 Grafik Nilai q_u UCS.....	84
Gambar 4. 36 Grafik uji ukuran butiran.....	86
Gambar 4. 37 Klasifikasi tanah dengan USDA	86
Gambar 4. 38 Hasil pengujian batas cair tanah.....	87
Gambar 4. 39 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	88
Gambar 4. 40 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal.....	88
Gambar 4. 41 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	89
Gambar 4. 42 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	90
Gambar 4.43 Grafik Nilai q_u UCS.....	90
Gambar 4. 44 Grafik uji ukuran butiran.....	92
Gambar 4. 45 Klasifikasi tanah dengan USDA	92
Gambar 4. 46 Hasil pengujian batas cair tanah.....	93
Gambar 4. 47 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	94
Gambar 4. 48 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal.....	94
Gambar 4. 49 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	95
Gambar 4. 50 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	96
Gambar 4.51 Grafik Nilai q_u UCS.....	96

Gambar 4. 52 Grafik Pengaruh Terhadap Nilai PI.....	97
Gambar 4. 53 Grafik Kuat Geser Tanah (UCS).....	98
Gambar 4. 54 Grafik Kohesi Undrained (Triaxial).....	98
Gambar 4. 55 Grafik Tegangan Geser (Direct shear)	99
Gambar 4. 56 Grafik uji ukuran butiran.....	100
Gambar 4. 57 Klasifikasi tanah dengan USDA	101
Gambar 4. 58 Hasil pengujian batas cair tanah.....	101
Gambar 4. 59 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	102
Gambar 4. 60 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	103
Gambar 4. 61 Grafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	103
Gambar 4. 62 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	104
Gambar 4.63 Grafik Nilai q_u UCS.....	105
Gambar 4. 64 Grafik uji ukuran butiran.....	106
Gambar 4. 65 Klasifikasi tanah dengan USDA	107
Gambar 4. 66 Hasil pengujian batas cair tanah.....	107
Gambar 4. 67 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	108
Gambar 4. 68 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	109
Gambar 4. 69 Grafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	109
Gambar 4. 70 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	110
Gambar 4.71 Grafik Nilai q_u UCS.....	111
Gambar 4. 72 Grafik uji ukuran butiran.....	112
Gambar 4. 73 Klasifikasi tanah dengan USDA	113
Gambar 4. 74 Hasil pengujian batas cair tanah.....	113
Gambar 4. 75 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	114
Gambar 4. 76 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	115
Gambar 4. 77 Grafik Kohesi dan Sudut Dalam	115
Gambar 4. 78 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	116
Gambar 4.79 Grafik Nilai q_u UCS.....	117
Gambar 4. 80 Grafik uji ukuran butiran.....	118
Gambar 4. 81 Klasifikasi tanah dengan USDA	119
Gambar 4. 82 Hasil pengujian batas cair tanah.....	119

Gambar 4. 83 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	120
Gambar 4. 84 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	121
Gambar 4. 85 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	121
Gambar 4. 86 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	122
Gambar 4.87 Grafik Nilai q_u UCS.....	123
Gambar 4. 88 Grafik Pengaruh Terhadap Nilai PI.....	123
Gambar 4. 89 Grafik Kuat Geser Tanah (UCS).....	124
Gambar 4. 90 Grafik Kohesi Undrained (Triaxial).....	124
Gambar 4. 91 Grafik Tegangan Geser (Direct shear)	125
Gambar 4. 92 Grafik uji ukuran butiran.....	126
Gambar 4. 93 Klasifikasi tanah dengan USDA	127
Gambar 4. 94 Hasil pengujian batas cair tanah.....	127
Gambar 4. 95 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	128
Gambar 4. 96 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	129
Gambar 4. 97 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam.....	129
Gambar 4. 98 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	130
Gambar 4. 99 Grafik Nilai q_u UCS.....	131
Gambar 4. 100 Grafik uji ukuran butiran.....	132
Gambar 4. 101 Klasifikasi tanah dengan USDA	133
Gambar 4. 102 Hasil pengujian batas cair tanah.....	133
Gambar 4. 103 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	134
Gambar 4. 104 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	135
Gambar 4. 105 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	135
Gambar 4. 106 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	136
Gambar 4.107 Grafik Nilai q_u UCS.....	137
Gambar 4. 108 Grafik uji ukuran butiran.....	138
Gambar 4. 109 Klasifikasi tanah dengan USDA	139
Gambar 4. 110 Hasil pengujian batas cair tanah.....	139
Gambar 4. 111 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	140
Gambar 4. 112 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	141
Gambar 4. 113 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	141

Gambar 4. 114 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	142
Gambar 4.115 Grafik Nilai q_u UCS.....	143
Gambar 4. 116 Grafik uji ukuran butiran.....	144
Gambar 4. 117 Klasifikasi tanah dengan USDA	145
Gambar 4. 118 Hasil pengujian batas cair tanah.....	145
Gambar 4. 119 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	146
Gambar 4. 120 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	147
Gambar 4. 121 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	147
Gambar 4. 122 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	148
Gambar 4.123 Grafik Nilai q_u UCS.....	149
Gambar 4. 124 Grafik Pengaruh Terhadap Nilai PI.....	150
Gambar 4. 125 Grafik Kuat Geser Tanah (UCS).....	150
Gambar 4. 126 Grafik Kohesi Undrained (Triaxial).....	151
Gambar 4. 127 Grafik Tegangan Geser (Direct shear)	151
Gambar 4. 128 Grafik uji ukuran butiran.....	153
Gambar 4. 129 Klasifikasi tanah dengan USDA	154
Gambar 4. 130 Hasil pengujian batas cair tanah.....	154
Gambar 4. 131 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	155
Gambar 4. 132 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	156
Gambar 4. 133 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	156
Gambar 4. 134 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	157
Gambar 4.135 Grafik Nilai q_u UCS.....	158
Gambar 4. 136 Grafik uji ukuran butiran.....	159
Gambar 4. 137 Klasifikasi tanah dengan USDA	160
Gambar 4. 138 Hasil pengujian batas cair tanah.....	160
Gambar 4. 139 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	161
Gambar 4. 140 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	162
Gambar 4. 141 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	162
Gambar 4. 142 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	163
Gambar 4. 143 Grafik Nilai q_u UCS.....	164
Gambar 4. 144 Grafik uji ukuran butiran.....	165

Gambar 4. 145 Klasifikasi tanah dengan USDA	166
Gambar 4. 146 Hasil pengujian batas cair tanah.....	166
Gambar 4. 147 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	167
Gambar 4. 148 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	168
Gambar 4. 149 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	168
Gambar 4. 150 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	169
Gambar 4.151 Grafik Nilai q_u UCS.....	170
Gambar 4. 152 Grafik uji ukuran butiran.....	171
Gambar 4. 153 Klasifikasi tanah dengan USDA	172
Gambar 4. 154 Hasil pengujian batas cair tanah.....	172
Gambar 4. 155 Grafik Hubungan Nilai PI dan LL.....	173
Gambar 4. 156 Hubungan Tegangan Normal dan Deformasi Horizontal	174
Gambar 4. 157 Garafik Kohesi dan Sudut Dalam	174
Gambar 4. 158 Grafik Lingkaran Mohr dengan Triaxial UU	175
Gambar 4. 159 Grafik Nilai q_u UCS.....	176
Gambar 4. 160 Grafik Pengaruh Terhadap Nilai PI.....	177
Gambar 4. 161 Grafik Kuat Geser Tanah (UCS).....	177
Gambar 4. 162 Grafik Kohesi Undrained (Triaxial).....	178
Gambar 4. 163 Grafik Tegangan Geser (Direct shear)	179
Gambar 4. 164 Grafik Pengaruh Terhadap Nilai PI.....	180
Gambar 4. 165 Grafik Kuat Geser Tanah (UCS).....	181
Gambar 4. 166 Grafik Kohesi Undrained (Triaxial).....	182
Gambar 4. 167 Grafik Tegangan Geser (Direct shear)	183
Gambar 4. 168 Hasil Two-Way ANOVA Pada Kohesi Undrained (Triaxial UU)	185
Gambar 4. 169 Hasil Two-Way ANOVA Pada Tegangan Geser (Direct Shear)	185
Gambar 4. 170 Hasil Two-Way ANOVA Pada Kuat Geser tanah (UCS).....	186

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2.2 Korelasi berat jenis tanah dengan macam jenis tanah.....	20
Tabel 3. 1 Rencana populasi dan sampel	34
Tabel 3.2 Presentase campuran untuk larutan sementasi.....	42
Tabel 3.3 Komponen variabel.....	44
Tabel 3.4 Rata-rata variabel dependen.....	45
Tabel 3.5 Distribusi nilai F dengan signifikasi $\alpha = 0,05$	45
Tabel 4.1 Data uji kadar air asli	49
Tabel 4. 2 Data Uji berat jenis tanah halus	50
Tabel 4. 3 Data Pengujian distribusi dengan analisa hidrometer	51
Tabel 4. 4 Pengujian gradasi dengan analisa hidrometer.....	52
Tabel 4.5 Data Uji batas cair tanah	54
Tabel 4.6 Data Uji Batas Plastis Tanah.....	55
Tabel 4. 7Hasil pengujian sifat fisik	56
Tabel 4. 8Hasil data.....	57
Tabel 4. 9 HASIL PERHITUNGAN DIRECT SHEAR.....	58
Tabel 4. 10Data hasil pengujian.....	60
Tabel 4. 11Hasil pengujian	62
Tabel 4. 12Pembacaan uji UCS	63
Tabel 4. 13Uji sifat mekanik tanah	65
Tabel 4. 14 Hasil pengujian Standart Proctor	69
Tabel 4. 15Tabel variasi campuran	72
Tabel 4. 16 hasil pengujian berat jenis tanah halus.....	73
Tabel 4. 17Hasil Pengujian Direct Shear	77
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Triaxial.....	77
Tabel 4. 19 hasil pengujian berat jenis tanah halus.....	79
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Direct Shear	83
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Triaxial	83
Tabel 4. 22 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	85

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Direct Shear	89
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Triksial.....	89
Tabel 4. 25 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	91
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Direct Shear	95
Tabel 4. 27 Hasil Pengujian Triksial.....	95
Tabel 4. 28 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	100
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Direct Shear	103
Tabel 4. 30 Hasil Pengujian Triksial.....	104
Tabel 4. 31 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	106
Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Direct Shear	109
Tabel 4. 33 Hasil Pengujian Triksial.....	110
Tabel 4. 34 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	112
Tabel 4. 35 Hasil Pengujian Direct Shear	115
Tabel 4. 36 Hasil Pengujian Triksial.....	116
Tabel 4. 37 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	118
Tabel 4. 38 Hasil Pengujian Direct Shear	121
Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Triksial.....	122
Tabel 4. 40 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	126
Tabel 4. 41 Hasil Pengujian Direct Shear	129
Tabel 4. 42 Hasil Pengujian Triksial.....	130
Tabel 4. 43 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	132
Tabel 4. 44 Hasil Pengujian Direct Shear	135
Tabel 4. 45 Hasil Pengujian Triksial.....	136
Tabel 4.46 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	138
Tabel 4. 47 Hasil Pengujian Direct Shear	141
Tabel 4. 48 Hasil Pengujian Triksial.....	142
Tabel 4.49 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	144
Tabel 4. 50 Hasil Pengujian Direct Shear	147
Tabel 4. 51 Hasil Pengujian Triksial.....	148
Tabel 4.52 klasifikasi berat jenis tanah halus.....	152
Tabel 4. 53 Hasil Pengujian Direct Shear	156

Tabel 4. 54 Hasil Pengujian Trixsial..... 157

Tabel 4.55 klasifikasi berat jenis tanah halus..... 159

Tabel 4. 56 Hasil Pengujian Direct Shear 162

Tabel 4. 57 Hasil Pengujian Trixsial..... 163

Tabel 4.58 klasifikasi berat jenis tanah halus..... 165

Tabel 4. 59 Hasil Pengujian Direct Shear 168

Tabel 4. 60 Hasil Pengujian Trixial 169

Tabel 4.61 klasifikasi berat jenis tanah halus..... 171

Tabel 4. 62 Hasil Pengujian Direct Shear 174

Tabel 4. 63 Hasil Pengujian Trixsial..... 175

Tabel 4. 64 Komponen Variabel Uji Two-Way..... 184

Tabel 4. 65 Data Hasil Pengujian Triaxial UU 185

ABSTRAK

M. Bagus Budiono, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Agustus 2025, Studi Penelitian Microbially Induce Calcite Precipitation Pada Tanah Lanau Serta Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah, Pembimbing: (1) Ir. Eding Iskak Ismananto, MT. (2) Eri Andrian Yudianto, ST., MT.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP) terhadap peningkatan sifat mekanik tanah lanau menggunakan bakteri *Bacillus subtilis*. Latar belakang penelitian ini adalah sifat tanah lanau yang memiliki kohesi rendah, mudah tererosi, dan kurang stabil untuk konstruksi. MICP dipilih sebagai metode stabilisasi karena ramah lingkungan dan memanfaatkan proses biocementation melalui pembentukan endapan kalsium karbonat (CaCO_3) yang mengikat butir tanah sehingga meningkatkan kekuatan tanah.

Metode penelitian meliputi variasi konsentrasi larutan sementasi 2,5%, 4,5%, 6,5%, 8,5%, serta lama pemeraman 3, 7, 14, dan 28 hari. Pengujian dilakukan untuk parameter fisik (kadar air, berat jenis, batas Atterberg) dan mekanik (Direct Shear, Triaxial UU, dan Unconfined Compressive Strength/UCS). Analisis data menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh signifikan dari variasi perlakuan.

Dari hasil pengujian, nilai stabilitas meningkat seiring bertambahnya kadar lateks, namun pada nilai flow terjadi penurunan di kadar lateks tertinggi. Nilai VIM tidak memenuhi spesifikasi 18–25% namun tetap menunjukkan tren positif pada variasi lateks. Penggunaan lateks 4% dianggap sebagai kadar optimum dalam meningkatkan karakteristik campuran aspal porus berbasis limbah beton. Penelitian ini mendukung pemanfaatan material limbah dan sumber daya terbarukan dalam Perkerasan Jalan Ramah Lingkungan.

Kata Kunci: Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP), Tanah Lanau, Kuat Geser Tanah.

ABSTRACT

M. Bagus Budiono, *S-1 Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, National Institute of Technology Malang, July 2025, Research Study on Microbially Induced Calcite Precipitation in Silt and Its Effect on Soil Shear Strength, Advisor: (1) Ir. Eding Iskak Ismananto, MT. (2) Eri Andrian Yudianto, ST., MT.*

This research aims to analyze the effect of Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP) on improving the mechanical properties of silt soil using *Bacillus subtilis* bacteria. The background of this research is the nature of silt soil which has low cohesion, easily eroded, and less stable for construction. MICP was chosen as a stabilization method because it is environmentally friendly and utilizes the biocementation process through the formation of calcium carbonate (CaCO_3) precipitates that bind soil grains to increase soil strength.

The research method included variations in cementation solution concentrations of 2.5%, 4.5%, 6.5%, 8.5%, and curing times of 3, 7, 14, and 28 days. Tests were conducted for physical (moisture content, specific gravity, Atterberg limits) and mechanical (Direct Shear, Triaxial UU, and Unconfined Compressive Strength/UCS) parameters. Data analysis used ANOVA test to determine the significant effect of treatment variations.

The results showed that MICP significantly improved the cohesion, inner shear angle, and free compressive strength of silt soil. The optimum value was obtained at a solution concentration of 8.5% and 28 days of curing. ANOVA test proved that the variation of solution concentration and curing time significantly affected the mechanical properties of the soil. In conclusion, MICP with *Bacillus subtilis* is effective as an environmentally friendly silt soil stabilization method.

Kata Kunci: Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP), Silt, Shear Strength Of Soil.