

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN
OPTIMASI STABILITAS LERENG BERDASARKAN FAKTOR
KEAMANAN**

**(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di
Pelabuhan Benoa Denpasar)**

PROPOSAL TUGAS AKHIR



Oleh:

RAIS PRANAJA WIDYADANA

22035010078

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

2026

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN
OPTIMASI STABILITAS LERENG BERDASARKAN FAKTOR
KEAMANAN**

**(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di
Pelabuhan Benoa Denpasar)**

TUGAS AKHIR



Oleh:

RAIS PRANAJA WIDYADANA

22035010078

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

2026

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN
OPTIMASI STABILITAS LERENG BERDASARKAN FAKTOR
KEAMANAN**

**(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di
Pelabuhan Benoa Denpasar)**

**Disusun Oleh:
RAIS PRANAJA WIDYADANA
NPM. 22035010078**

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada Hari Senin, 31 Agustus 2026**

Dosen Pembimbing:

1. Dosen Pembimbing I

**Dr. Ir. Yerry Kahaditu Firmansyah, S.T., M.T.
NPT. 20119860129207**

2. Dosen Pembimbing II

**Karina Meilawati Eka Putri, S.T., M.T.
NIP. 199405232024062001**

Tim Penguji:

1. Penguji I

**Dian Purnamawati Solin, S.T., Msc
NIP. 198903042019032017**

2. Penguji II

**Bagas Aryaseta, S.T., M.S
NIP. 19931225 202203 1 00 6**

3. Penguji III

**Ir. Miguel Felix Wijaya, S.T., M.Eng., IPP
NIP. 199612012025061005**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

**Prof. Dr. Dra. Jarivah, M. P.
NIP. 19650403 199103 2 00 1**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN OPTIMASI
STABILITAS LERENG BERDASARKAN FAKTOR KEAMANAN**

**(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di Pelabuhan
Benoa Denpasar)**

Disusun Oleh:

RAIS PRANAJA WIDYADANA

NPM. 22035010078

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada Hari Senin, 31 Agustus 2026**

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Yerry Kahaditu Firmansyah, S.T., M.T.
NPT. 20119860129207

Dosen Pembimbing II



Karina Meilawati Eka Putri, S.T., M.T.
NIP. 199405232024062001

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains**



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M. P.
NIP. 19650403 199103 2 00 1

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rais Pranaja Widyadana
NPM : 22035010078
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemuan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 1 September 2026

Yang Membuat pernyataan




Rais Pranaja Widyadana
NPM. 22035010078

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN
OPTIMASI STABILITAS LERENG BERDASARKAN FAKTOR
KEAMANAN**

**(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di
Pelabuhan Benoa Denpasar)**

Oleh:

Rais Pranaja Widyadana

22035010078

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likuifaksi berdasarkan data Standard Penetration Test (SPT), mengevaluasi pengaruhnya terhadap stabilitas lereng, serta menentukan metode optimasi stabilitas lereng menggunakan kombinasi Deep Soil Mixing (DSM) dan pile pada Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di Pelabuhan Benoa, Denpasar. Analisis potensi likuifaksi dilakukan menggunakan metode Youd et al. (2001) berdasarkan data SPT terkoreksi, sedangkan analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D. Hasil analisis menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman 2–16 m, kecuali pada kedalaman 6 m, berpotensi mengalami likuifaksi dengan nilai faktor keamanan kurang dari satu. Kondisi lereng eksisting menghasilkan nilai Safety Factor sebesar 2,256, sedangkan pada kondisi pascalikuifaksi analisis numerik tidak mencapai kondisi konvergen akibat penurunan kuat geser tanah. Penerapan DSM mampu menghilangkan potensi likuifaksi pada area perbaikan melalui peningkatan sifat mekanik tanah, namun belum menghasilkan stabilitas lereng secara keseluruhan. Kombinasi DSM dan pile memberikan hasil terbaik dengan nilai Safety Factor sebesar 1,5 sehingga memenuhi kriteria faktor keamanan minimum sebesar 1,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi DSM dan pile merupakan metode perkuatan yang efektif untuk meningkatkan stabilitas lereng pada kondisi pascalikuifaksi.

Kata Kunci: likuifaksi, Standard Penetration Test (SPT), Youd et al. (2001), stabilitas lereng, Deep Soil Mixing (DSM), pile, PLAXIS 2D.

ANALYSIS OF LIQUEFACTION POTENTIAL BASED ON SPT DATA AND SLOPE STABILITY OPTIMIZATION BASED ON SAFETY FACTOR

**(Case Study: Domestic Passenger Pier Construction Project at Benoa Port,
Denpasar)**

By:

Rais Pranaja Widyadana

22035010078

ABSTRACT

This study aims to analyze the liquefaction potential based on Standard Penetration Test (SPT) data, evaluate its effect on slope stability, and determine the optimum slope stabilization method using a combination of Deep Soil Mixing (DSM) and piles for the Domestic Passenger Pier Development Project at Benoa Port, Denpasar. Liquefaction potential was evaluated using the method proposed by Youd et al. (2001) based on corrected SPT data, while slope stability analysis was performed using PLAXIS 2D. The results indicate that soil layers at depths of 2–16 m, except at a depth of 6 m, are susceptible to liquefaction with a factor of safety against liquefaction of less than 1.0. The existing slope condition yielded a Safety Factor of 2.256, whereas the post-liquefaction numerical analysis failed to reach convergence due to the reduction in soil shear strength. The application of DSM successfully eliminated liquefaction potential within the improved zone by enhancing the soil mechanical properties; however, it was insufficient to achieve overall slope stability. The combination of DSM and piles provided the optimum performance, resulting in a Safety Factor of 1.5, which satisfies the minimum stability criterion of 1.5. The findings demonstrate that the combined application of DSM and piles is an effective ground improvement method for enhancing slope stability under post liquefaction conditions.

Keywords: *liquefaction, Standard Penetration Test (SPT), Youd et al. (2001), slope stability, Deep Soil Mixing (DSM), piles, PLAXIS 2D.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan Optimasi Stabilitas Lereng Berdasarkan Faktor Keamanan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Dermaga Penumpang Domestik di Pelabuhan Benoa Denpasar)”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Adapun dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Dr. Ir. Hendrata Wibisana, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr. Ir. Yerry Kahaditu Firmansyah, S.T., M.T. dan Ibu Karina Meilawati Eka Putri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, dukungan, dedikasi, dan pengetahuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua, keluarga, pasangan, dan teman-teman semua yang telah memberikan bantuan dan mendukung penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun dalam menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanah.....	6
2.2 <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>	7
2.3 Gempa Bumi.....	9
2.4 Likuifaksi.....	10
2.5 Stabilitas Lereng	12
2.6 Metode Perbaikan Tanah	13
2.6.1 <i>Soil Mixing</i>	14
2.6.2 <i>Deep Soil Mixing</i>	15
2.6.3 Pile	16
2.6.4 Kombinasi <i>Deep Soil Mixing (DSM)</i> dan Pile	18
2.7 PLAXIS 2D	19
2.8 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB III METODOLOGI.....	22
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	22
3.2 Lokasi Penelitian.....	24
3.3 Data Sekunder.....	26
3.3.1 Data SPT	26
3.3.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS	27

3.3.3	Data Batimetri.....	28
3.3.4	Data Gempa.....	29
3.3.5	Berat Volume Tanah	31
3.3.6	Parameter Tanah.....	33
3.4	Koreksi Nilai N-SPT	34
3.5	Analisis Potensi Likuifaksi Metode Youd et al. (2001)	37
3.6	Parameter Material <i>Deep Soil Mixing</i>	41
3.7	Analisis dan Optimasi Stabilitas Lereng Menggunakan PLAXIS 2D	42
3.8	Metode Pelaksanaan Konstruksi <i>Deep Soil Mixing</i> (DSM) dan <i>Pile</i>	43
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Data dan Parameter Analisis	48
4.1.1	Nilai Percepatan Gempa Maksimum	48
4.1.2	Analisis Parameter Tanah	51
4.1.3	Rekapitulasi Nilai <i>Fines Content</i>	54
4.1.4	Koreksi NSPT.....	56
4.2	Analisis Potensi Likuifaksi.....	64
4.2.1	Koreksi Kandungan Butiran Halus $N_{1(60)CS}$	64
4.2.2	Perhitungan <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR)	64
4.2.3	Perhitungan <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR).....	65
4.2.4	Perhitungan Faktor Keamanan terhadap Likuifaksi (SF)	65
4.2.5	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi	67
4.3	Analisis Stabilitas Lereng.....	73
4.3.1	Pemodelan Lereng Eksisting.....	73
4.3.2	<i>Stage Construction</i>	76
4.3.3	Analisis Stabilitas Lereng Eksisting	79
4.3.4	Analisis Stabilitas Lereng Beban Gempa	81
4.3.5	Analisis Stabilitas Lereng Pascalikuifaksi.....	83
4.4	Optimasi Stabilitas Lereng dengan Berbagai Skenario Perkuatan	89
4.4.1	Optimasi Menggunakan <i>Deep Soil Mixing</i>	90
4.4.2	Optimasi Menggunakan <i>Pile</i>	97
4.4.3	Optimasi Menggunakan Kombinasi DSM dan <i>Pile</i>	101
4.5	Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i>	105
BAB V PENUTUP.....		107

5.1	Kesimpulan.....	107
5.2	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN		111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanah.....	6
Gambar 2.2 Skema Uji SPT	8
Gambar 2.3 Ilustrasi Gempa Bumi	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Likuifaksi	11
Gambar 2.5 Peralatan Deep Soil Mixing.....	15
Gambar 2.6 Spun Pile.....	17
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	23
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.3 Layout Penelitian	25
Gambar 3.4 Denah Lokasi Titik Bor.....	26
Gambar 3.5 Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)	28
Gambar 3.6 Peta Batimetri Lokasi Penelitian.....	29
Gambar 3.7 Skema nilai H dan HA	33
Gambar 3.8 Flowchart Metode Youd et al. (2001)	40
Gambar 3.9 Persiapan Pekerjaan Konstruksi.....	43
Gambar 3.10 Marking Area Perbaikan	44
Gambar 3.11 Pelaksanaan Pemasangan Deep Soil Mixing	45
Gambar 3.12 Pemasangan Pile	46
Gambar 3.13 Pemeriksaan Hasil Pekerjaan.....	47
Gambar 4.1 Grafik Nilai SF Titik Bor 1	71
Gambar 4.2 Grafik Nilai SF Titik Bor 2	72
Gambar 4.3 Skema Geometri Lereng Eksisting	74
Gambar 4.4 Model Lereng Eksisting pada PLAXIS 2D	76
Gambar 4.5 Hasil Nilai Safety Factor Lereng Eksisting	79
Gambar 4.6 Total Displacement Lereng Eksisting	80
Gambar 4.7 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Beban Gempa	82
Gambar 4.8 Total Displacement Beban Gempa.....	83
Gambar 4.9 Model Lereng Pascalikuifaksi pada PLAXIS 2D.....	87
Gambar 4.10 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pascalikuifaksi.....	88
Gambar 4.11 Total Displacement Pascalikuifaksi	89

Gambar 4.12 Skema Optimasi Lereng Menggunakan Deep Soil Mixing (DSM).....	91
Gambar 4.13 Konfigurasi Pola Pemasangan DSM Block Pattern.....	93
Gambar 4.14 Model Lereng dengan DSM pada PLAXIS 2D	94
Gambar 4.15 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan DSM	96
Gambar 4.16 Total Displacement Menggunakan DSM.....	97
Gambar 4.17 Skema Optimasi Lereng Menggunakan Pile.....	98
Gambar 4.18 Model Lereng dengan Pile pada PLAXIS 2D.....	99
Gambar 4.19 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Pile.....	100
Gambar 4.20 Total Displacement Menggunakan Pile	100
Gambar 4.21 Skema Optimasi Lereng Menggunakan Deep Soil Mixing (DSM) dan Pile	102
Gambar 4.22 Model Lereng Menggunakan Kombinasi DSM dan Pile pada PLAXIS 2D	103
Gambar 4.23 Hasil Nilai Safety Factor Lereng Menggunakan DSM dan Pile	104
Gambar 4.24 Total Displacement Menggunakan DSM dan Pile	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Nilai N-SPT	27
Tabel 3.2 Klasifikasi Situs.....	29
Tabel 3.3 Nilai F_{PGA} Berdasarkan Nilai Situs	30
Tabel 3.4 Nilai Empiris untuk D_r , $\emptyset$, γ dari tanah berbutir berdasarkan nilai N koreksi.....	31
Tabel 3.5 Nilai Korelasi N-SPT Terkoreksi dan γ_{sat} untuk Tanah Kohesif.....	32
Tabel 3.6 Nilai Korelasi N-SPT Terkoreksi dan γ_{sat} untuk Tanah Non-Kohesif.....	33
Tabel 3.7 Nilai Koreksi $N_{(60)}$	35
Tabel 3.8 Nilai α dan β $N_{(60)CS}$	37
Tabel 3.9 Rumus Nilai Faktor Reduksi	39
Tabel 3.10 Typical Properties of Stabilized Soils.....	41
Tabel 4.1 Nilai N Titik Bor 1	48
Tabel 4.2 Nilai N Titik Bor 2	49
Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai Tegangan Total Vertikal Tanah (σ_v) dan Tegangan Efektif Tanah (σ'_v) pada titik Bor 1.....	52
Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai Tegangan Total Vertikal Tanah (σ_v) dan Tegangan Efektif Tanah (σ'_v) pada titik Bor 2.....	53
Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai Fines Content Titik Bor 1	54
Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai Fines Content Titik Bor 2	55
Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai CR.....	57
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Koreksi Nilai SPT Titik Bor 1	60
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Koreksi Nilai SPT Titik Bor 2	62
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik Bor 1	67
Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik Bor 2	68
Tabel 4.12 Parameter Material Soil Cluster	75
Tabel 4.13 Tahapan Stage Construction	77
Tabel 4.14 Nilai $\Delta(N1)_{60-Sr}$ yang direkomendasikan oleh Seed (1987)	84
Tabel 4.15 Rekapitulasi nilai ϕ' residual	86

Tabel 4.16 Parameter Material DSM.....	91
Tabel 4.17 Rekapitulasi Koreksi N-SPT DSM.....	95
Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi DSM.....	95
Tabel 4.19 Parameter Pile.....	98
Tabel 4.20 Perbandingan Nilai Safety Factor.....	105