

**ANALISIS POTENSI LIKUEFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN
FUEL TANK MASOHI MALUKU TENGAH BERDASARKAN DATA *CONE
PENETRATION TEST (CPT)***

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)**



Disusun Oleh:

ARIFAH ISMI AMBIYA

2203501030

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

2026

TUGAS AKHIR

**ANALISIS POTENSI LIKUEFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN
FUEL TANK MASOHI MALUKU TENGAH BERDASARKAN DATA CONE
PENETRATION TEST (CPT)**

Disusun Oleh:

ARIFAH ISMI AMBIYA
NPM. 22035010030

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 Kamis, 21 Mei 2026

Dosen Pembimbing
Dosen Pembimbing Utama


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


Tim Penguji:
1. Penguji I


Dian Purnamawati Solin, S.T., M.Sc.
NIP/NPT. 198903042019032017

Dosen Pembimbing Pendamping


Bagas Arvaseta, S.T., M.S.
NIP/NPT. 199312252022031006

2. Penguji II


Karina Meilawati Eka Putri, S.T., M.T.
NIP/NPT. 19940523 202406 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains


Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP.
NIP. 19650403 199103 2001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS POTENSI LIKUEFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN
FUEL TANK MASOHI MALUKU TENGAH BERDASARKAN DATA CONE
PENETRATION TEST (CPT)**

Disusun Oleh:


ARIFAH ISMI AMBIYA
NPM. 22035010030

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 Kamis, 21 Mei 2026

Dosen Pembimbing Utama


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

Dosen Pembimbing Pendamping


Bagas Arvaseta S.T., M.S.
NIP/NPT. 199312252022031006

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains


Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP.
NIP. 19650403 199103 2001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arifah Ismi Ambiya
NPM : 22035010030
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 ditemukan 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, 26 Mei 2026

Yang Membuat pernyataan



Arifah Ismi Ambiya
NPM. 22035010030

**ANALISIS POTENSI LIKUEFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN
FUEL TANK MASOHI MALUKU TENGAH BERDASARKAN DATA CONE
PENETRATION TEST (CPT)**

Oleh:

Arifah Ismi Ambiya

22035010030

ABSTRAK

Maluku Tengah merupakan zona dengan rawan gempa sedang hingga tinggi, pada pembangunan *fuel tank* di Fuel Terminal Masohi yang berada di wilayah pesisir dengan zona rawan terjadinya gempa. Likuefaksi hilangnya daya dukung dan kuat geser tanah akibat tanah jenuh air yang terkena gempa bumi. Pada tugas akhir ini dilakukan analisis potensi terjadinya likuefaksi berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) menggunakan metode Robertson & Wride (1997), Cetin (2004), dan Idriss–Boulanger (2014) pada tiga titik pengujian sondir/CPT dengan parameter tanah berupa *unit weight* (γ), air pori (u), tegangan total (σ_{vo}), dan tegangan efektif (σ'_{vo}) yang diperoleh menggunakan korelasi. Kemudian, dilakukan analisis *Liquefaction Potential Index* (LPI) berdasarkan nilai *Factor of safety*-nya (FS). Berdasarkan hasil oleh ketiga metode, seluruh titik pengujian berpotensi terjadinya likuefaksi hingga mencapai kedalaman 0,2 m – 0,4 m di atas batas ujung pengujian sondir—dengan batas kedalaman titik S-01 adalah 9,6 m; S-02 adalah 13,2 m; S-03 adalah 4,2 m. Namun, lapisan lensa kedalaman 1,2 m pada titik S-01 metode Idriss-Boulanger menunjukkan tidak berpotensi likuefaksi dikarenakan berada pada kondisi di atas muka air tanah dengan kondisi tanah *dense sand to gravelly sand*. Hasil LPI di titik pengujian S-01, S-02, dan S-03 menunjukkan index “sangat tinggi” pada terjadinya likuefaksi pada metode Robertson & Wride, Cetin, dan Idriss–Boulanger dengan nilai indexnya >15 . Perbandingan tiga metode analisis potensi likuefaksi menunjukkan karakteristik yang berbeda pada setiap pendekatan. Metode Robertson and Wride lebih sensitif terhadap tanah kohesif (*clay-like soil*) sehingga cocok digunakan pada lapisan lempung dan lanau berlempung. Metode Cetin menghasilkan nilai FS paling rendah karena mempertimbangkan pendekatan probabilistik, sehingga sesuai digunakan sebagai batas bawah analisis potensi likuefaksi. Sementara itu, metode Idriss-Boulanger menunjukkan penyesuaian parameter yang lebih kompleks dan lebih sesuai diterapkan pada kondisi tanah berpasir melalui koreksi hambatan penetrasi kerucut pasir bersih (*qcINcs*).

Kata kunci: likuefaksi, CPT, Robertson & Wride, Cetin, Idriss–Boulanger, LPI

**ANALYSIS OF LIQUEFACTION POTENTIAL AT THE FUEL TANK
CONSTRUCTION PROJECT IN MASOHI, CENTRAL MALUKU BASED
ON CONE PENETRATION TEST (CPT) DATA**

By:

Arifah Ismi Ambiya

22035010030

ABSTRACT

Central Maluku is a zone with moderate to high earthquake risk. The construction of a fuel tank at the Masohi Fuel Terminal is located in a coastal area within this earthquake-prone zone. Liquefaction—the loss of bearing capacity and shear strength of the soil due to water-saturated soil affected by an earthquake—is a concern. In this final project, an analysis of the potential for liquefaction was conducted based on Cone Penetration Test (CPT) data using the methods of Robertson & Wride (1997), Cetin (2004), and Idriss–Boulanger (2014) at three CPT test points, with soil parameters including unit weight (γ), pore water pressure (u), total stress (σ_{vo}), and effective stress (σ'_{vo}) obtained via correlation. Subsequently, an analysis of the Liquefaction Potential Index (LPI) was conducted based on its safety factor (FS). Based on the results from the three methods, all test points have the potential for liquefaction up to a depth of 0.2 m – 0.4 m above the tip of the cone penetration test—with the depth limits being 9.6 m for point S-01; 13.2 m for S-02; and 4.2 m for S-03. However, the 1.2 m deep lens layer at point S-01 using the Idriss-Boulanger method showed no potential for liquefaction because it was located above the groundwater table with dense sand to gravelly sand conditions. The LPI results at test points S-01, S-02, and S-03 indicate a “very high” liquefaction index using the Robertson & Wride, Cetin, and Idriss–Boulanger methods, with index values >15 . A comparison of the three methods for analyzing liquefaction potential reveals distinct characteristics in each approach. The Robertson and Wride method is more sensitive to cohesive (clay-like) soils, making it suitable for use on clay and silty clay layers. The Cetin method yields the lowest FS value because it employs a probabilistic approach, making it suitable as a lower bound for liquefaction potential analysis. Meanwhile, the Idriss–Boulanger method involves more complex parameter adjustments and is better suited for sandy soil conditions through the correction of the clean sand cone penetration resistance (qc_{1Ncs}).

Keywords: liquefaction, CPT, Robertson & Wride, Cetin, Idriss–Boulanger, LPI

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah, Tuhan yang Maha Esa sehingga penelitian berjudul **Analisis Potensi Likuefaksi pada Proyek Pembangunan *Fuel Tank* Masohi Maluku Tengah Berdasarkan Data *Cone Penetration Test* (CPT)** dapat terselesaikan. Penelitian ini telah melewati berbagai tahapan yang melibatkan para pihak pendukung baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini:

1. Mama Eni selaku pihak yang senantiasa memberikan doa, rasa aman, menemani dan memberikan dukungan baik berupa moral dan materil selama proses belajar hingga saat ini.
2. M. Ikram Althaf Azmi selaku pasangan yang menemani, mendukung, dan selalu siap dan bersedia untuk direpotkan selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir dengan meluangkan waktu, memberikan sudut pandang dan masukan kepada penulis. Segala usaha, kebaikan dan kesabaran yang diberikan akan selalu dikenang.
3. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan motivasi menyelesaikan tugas akhir secepatnya.
4. Bapak Dr. Ir. Hendrata Wibisana, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil, UPN “Veteran” Jawa Timur.
5. Bapak Dr. Ir. Yerry Kahaditu Firmansyah, S.T., M.T., Bapak Bagas Aryaseto, S.T., M.S., dan Bapak Ir. Miguel Felix Wijaya, S.T., M.Eng., IPP. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, dukungan, dedikasi, dan *insight* dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Himatul Farichah, S.T., M.Sc. yang telah memberikan penulis kepercayaan, kesempatan dalam mendalami keilmuan geoteknik dalam kegiatan penelitian dan ruang untuk berkembang.
7. Teman-teman Bindo Kelompok 3—Agistya, Dini, Roma, dan Puyu atas dukungannya dalam berbagai dinamika kehidupan kampus dan membuat penulis untuk selalu tetap bergerak maju dan berproses.

8. Teman-teman Angkatan 2022 Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang saling mendukung dan memeberikan semangat dalam melewati masa-masa perkuliahan.

Terimakasih banyak penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang menunjang keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, untuk itu penulis menerima segala kritik, saran, dan masukan yang diberikan. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat.

Surabaya, 25 Mei 2026

Penulis

Arifah Ismi Ambiya

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanah.....	6
2.1.1 Sifat Tanah	6
2.2 Penyelidikan Tanah	7
2.3 Gempa Bumi	10
2.3.1 Klasifikasi Situs	14
2.3.2 PGA	15
2.3.3 F _{PGA}	16
2.4 Likuefaksi	16
2.4.1 Analisis Potensi Likuefaksi	17
2.4.2 <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i>	18
2.5 Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Penyusunan Penelitian.....	21
3.2 Studi Literatur	22
2.4.3 Faktor Penyebab Likuefaksi	22
3.3 Pengumpulan Data Sekunder.....	23

3.3.1	Data <i>Layout</i> Perencanaan <i>Fuel Tank</i>	24
3.3.2	Data Penyelidikan Lapangan	24
3.4	Parameter Tanah.....	25
3.5	Metode Analisis Potensi Likuefaksi	26
3.4.1	Robertson & Wride, 1995	27
3.4.2	Cetin, 2004.....	31
3.4.3	Idriss – Boulanger, 2014	35
3.6	Metode <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI).....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Percepatan Gempa (α_{max}).....	40
4.2	Analisis Jenis Perilaku Tanah	42
4.3	Analisis Parameter Tanah	50
4.2.1	Unit Weight (γ).....	50
4.2.2	Tekanan Air Pori (u).....	51
4.2.3	Tegangan Total (σ_{vo}) dan Tegangan Efektif (σ'_{vo})	51
4.4	Analisis Potensi Likuefaksi	52
4.4.1	Analisis Robertson and Wride, 1995	53
4.4.2	Analisis Cetin, 2004.....	66
4.4.3	Analisis Idriss – Boulanger, 2014.....	80
4.4.4	Rekapitulasi Perbandingan Metode Analisis	94
4.5	Analisis <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI).....	108
BAB V KESIMPULAN.....		117
5.1	Kesimpulan	117
5.2	Saran	118
DAFTAR PUSTAKA.....		120
LAMPIRAN.....		123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Percepatan Tanah Maksimum di Maluku Tengah.....	1
Gambar 1.2	Peta Zona Kerentanan Likuefaksi Provinsi Maluku.....	2
Gambar 1.3	Lokasi Pembangunan FT Masohi	5
Gambar 2.1	Bagian-Bagian Alat Sondir.....	8
Gambar 2.2	<i>Soil Behaviour Type</i> oleh Robertson	9
Gambar 2.3	Peta Bahaya Gempa Bumi.....	14
Gambar 2.4	Spektrum Respon Desain pada Web RSA.....	15
Gambar 2.5	Proses Terjadinya Likuefaksi.....	16
Gambar 3.1	Lokasi Pembangunan Fuel Tank Masohi.....	24
Gambar 3.2	Lokasi Penyelidikan CPT dan SPT	25
Gambar 3.3	Diagram Alir Metode Robertson & Wride (1997).....	27
Gambar 3.4	Diagram Alir Metode Cetin (2004)	31
Gambar 3.5	Diagram Alir Metode Idriss – Boulanger (2014)	35
Gambar 3.6	Diagram Alir Metode LPI.....	38
Gambar 4.1	Spektrum Respon Desain Gempa Proyek Pembangunan Fuel Tank pada Web RSA	41
Gambar 4.2	Hasil Uji CPT pada Grafik SBT di Titik S-01.....	42
Gambar 4.3	Hasil Uji CPT pada Grafik SBT di Titik S-02.....	44
Gambar 4.4	Hasil Uji CPT pada Grafik SBT di Titik S-02.....	46
Gambar 4.5	Konsistensi Tanah berdasarkan Schertmann, 1978 pada titik S-01.....	47
Gambar 4.6	Konsistensi Tanah berdasarkan Schertmann, 1978 pada titik S-02.....	48
Gambar 4.7	Konsistensi Tanah berdasarkan Schertmann, 1978 pada titik S-03.....	48
Gambar 4.8	Layout Tinjauan Stratigrafi.....	49
Gambar 4.9	Stratigrafi Potongan Potongan A-A' (sisi timur).....	49
Gambar 4.10	Stratigrafi Potongan Potongan B-B' (sisi utara).....	50
Gambar 4.11	Nilai CSR Metode Robertson and Wride.....	63
Gambar 4.12	Nilai CRR Metode Robertson and Wride.....	63
Gambar 4.13	Nilai FS Metode Robertson and Wride	64
Gambar 4.14	Nilai CSR Metode Cetin.....	77
Gambar 4.15	Nilai CRR Metode Cetin	77
Gambar 4.16	Nilai FS Metode Cetin.....	78
Gambar 4.17	Nilai CSR Metode Idriss-Boulanger	91
Gambar 4.18	Nilai CRR Metode Idriss-Boulanger	91
Gambar 4.19	Nilai FS Metode Idriss-Boulanger	92
Gambar 4.20	Rekapitulasi Nilai CRR pada Titik S-01	97
Gambar 4.21	Rekapitulasi Nilai CRR pada Titik S-01	98
Gambar 4.22	Rekapitulasi Nilai FS pada Titik S-01	99
Gambar 4.23	Rekapitulasi Nilai CSR pada Titik S-02.....	102
Gambar 4.24	Rekapitulasi Nilai CRR pada Titik S-02	103

Gambar 4.25 Rekapitulasi Nilai FS pada Titik S-02	104
Gambar 4. 26 Rekapitulasi Nilai CSR pada Titik S-03	106
Gambar 4.27 Rekapitulasi Nilai CRR pada Titik S-03	106
Gambar 4.28 Rekapitulasi Nilai FS pada Titik S-03	107
Gambar 4.29 Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-01	111
Gambar 4.30 Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-02	114
Gambar 4.31 Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-03	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Zona <i>Soil Behaviour Type</i>	9
Tabel 2.2 Gempa Bumi Signifikan dan Merusak pada Maluku 2016-2025	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs Berdasarkan Nilai <i>Vs</i> , <i>N</i> , dan <i>Su</i>	15
Tabel 2.4 Nilai FPGA Berdasarkan Kelas Situs	16
Tabel 2.5 Kategori Potensi Likuefaksi Berdasarkan LPI	18
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Tabel 3.2 Koordinat Penyelidikan CPT	24
Tabel 4.1 Klasifikasi Situs Berdasarkan Nilai <i>Vs</i> , <i>N</i> , dan <i>Su</i> Titik BH-01	40
Tabel 4.2 Nilai FPGA Berdasarkan Kelas Situs Titik BH-01	41
Tabel 4.3 Interpretasi Hasil Uji CPT pada Grafik SBT di Titik S-01	42
Tabel 4. 4 Interpretasi Hasil Uji CPT pada Grafik SBT di Titik S-02	44
Tabel 4.5 Interpretasi Hasil Uji CPT pada Grafik SBT Titik S-03	46
Tabel 4.6 Kedalaman Muka Air Tanah pada Titik Sondir	51
Tabel 4.7 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Robertson and Wride (S-01) ..	55
Tabel 4.8 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Robertson and Wride (S-02) ..	58
Tabel 4.9 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Robertson and Wride (S-03) ..	62
Tabel 4.10 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Cetin (S-01)	69
Tabel 4.11 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Cetin (S-02)	72
Tabel 4.12 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Cetin (S-03)	76
Tabel 4.13 Hasil Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Idriss-Boulanger (S-01)	84
Tabel 4.14 Hasil Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Idriss-Boulanger (S-02)	87
Tabel 4.15 Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Metode Idriss-Boulanger (S-03)	90
Tabel 4.16 Rekapitulasi Perbandingan Metode pada Titik S-01	95
Tabel 4.17 Rekapitulasi Metode pada Titik S-02	100
Tabel 4.18 Rekapitulasi Metode pada Titik S-03	105
Tabel 4.19 Hasil Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-01	110
Tabel 4.20 Hasil Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-02	112
Tabel 4.21 Hasil Rekapitulasi Analisis LPI pada Titik S-03	115

DAFTAR NOTASI

V_s	= Kecepatan gelombang geser
a_{\max}	= Percepatan horizontal puncak di permukaan tanah yang dihasilkan oleh gempa bumi
g	= Gravitasi bumi ($9,8 \text{ m/s}^2$)
rd	= Koefisien pengurangan/reduksi tegangan
z	= Kedalaman tanah
σ_{vo}	= Tegangan <i>total vertical overburden</i> tanah
σ'_{vo}	= Tegangan <i>total effective vertical overburden</i> tanah
$(q_{c1N})_{cs}$	= hambatan penetrasi kerucut pasir bersih dinormalisasi ke 100 kPa (kira-kira satu atmosfer tekanan)
Q	= Resistensi penetrasi CPT yang dinormalisasi, tanpa dimensi
q_c	= Resistensi penetrasi ujung kerucut yang terukur/nilai konus
n	= Eksponen
P_a	= Tekanan atmosfer
F	= Rasio gesekan yang dinormalisasi, dalam persen
f_s	= Tegangan gesekan CPT/sondir
I_c	= Indeks tipe perilaku tanah
q_{c1N}	= Resistensi penetrasi kerucut yang benar-benar dinormalisasi (tanpa dimensi) yang dikoreksi terhadap <i>overburden stress</i>
K_c	= Faktor koreksi
C_q	= Faktor normalisasi tahanan
$CRR_{M,\sigma'v}$	= <i>Cyclic Resistance Ratio</i> yang dinormalisasikan terhadap gempa bermagnitudo 7,5 SR dan tegangan vertikal efektif
MSF	= <i>Magnitude scaling factor</i> , faktor koreksi untuk pengaruh magnitudo gempa
K_σ	= Koreksi tegangan overburden efektif
C_N	= Faktor koreksi <i>overburden</i>
C_σ	= Sensitivitas ketahanan likuefaksi tanah terhadap perubahan tegangan efektif
M	= Magnitudo gempa rencana

FC	= <i>Fines content</i>
C_{FC}	= Parameter penyesuaian yang dapat disesuaikan berdasarkan data spesifik lokasi bila tersedia
$w(z)$	= Faktor bobot kedalaman
$q_{c,1}$	= Tahanan ujung konus yang dinormalkan (MPa)
c	= Normalisasi eksponen
PL	= Nilai probabilitas likuefaksi pada suatu area
$\phi^{-1}PL$	= Nilai invers PL