TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI PADA PESISIR KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN METODE NCEER (NATIONAL CENTER OF EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH)

ANALYSIS OF LIQUIFACTION POTENTIAL IN COASTAL CITY OF MAKASSAR USING NCEER (NATIONAL CENTER OF EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH) METHOD

SOPIAN PAERONG TANGKELAYUK
D011 18 1330

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI PADA PESISIR KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN METODE NCEER (NATIONAL CENTER OF EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH)

Disusun dan diajukan oleh:

SOPIAN PAERONG TANGKELAYUK

D011 18 1330

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 18 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr.Eng. Ardy Arsyad, ST, M.Eng.Sc	**Ir. Ariningsih Suprapti, ST, MT**
NIP: 197607072005011002	NIP: 197307122000032002

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Sopian Paerong Tangkelayuk, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pesisir Kota Makassar Menggunakan Metode Nceer (National Center Of Earthquake Engineering Research)"**, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

Sopian Paerong Tangkelayuk
NIM: D011 18 1330

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yesus atas berkat dan Anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelsaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelsaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik SIpil Universitas Hassanuddin.

Tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat dan mudah. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagi pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Olehnya itu, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu Papa **Yusuf Tangkelayuk** dan Mama **Yuliana Paerong** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik secara materil maupun spiritual karena penulis tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini jika tanpa nasihat, motivasi dan do'anya yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Tuhan Yesus.
2. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng,** selaku Ketua Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Bapak **Dr. Eng. Tri Harianto, S.T., M.T.** selaku Kepala Laboatorium Riset Geoteknik Lingkungan yang telah memberikan wawasan tambahan kepada penulis.
5. Bapak **Dr. Eng. Ardy Arsyad, S.T., M.Eng.Sc** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan dan bimbingan serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Ibu **Ir. Ariningsih Suprapti, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak **Prof. Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T** selaku Kepala Laboatorium Mekanika Tanah yang telah memberikan wawasan tambahan selama penulis menjadi asisten laboratorium.
8. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah banyak membantu dalam mendukung penulisan tugas akhir ini.
9. Keluarga besar **Laboratorium Mekanika Tanah**.

10. Teman-teman **KKD Geoteknik** yang selama pengerjaan skripsi ini selalu memberikan support satu sama lain agar dapat menyelesaikan bersama-sama studi kasus kami.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dengan semua bantuan yang telah diberikan, dan dukungan hingga terselesainya skripsi ini.

Tiada kata yang dapat mendeskripsikan rasa terima kasih penulis selain memohon kepada Tuhan Yang Maha Kuasa agar selalu melimpahkan berkat-Nya kepada kita semua, Amin. Akhir kata penulis menyedari bahwa di dalam tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan dan memerlukan perbaikan sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, Agustus 2022

Sopian Paerong Tangkelayuk

ABSTRAK

Likuifaksi adalah fenomena dimana kekuatan dan kekakuan tanah berkurang dikarenakan gempa atau pergerakan tanah lainnya. Fenomena ini bila dikaitkan dengan struktur tanah diwilayah Kota Makassar yang sebagian terdiri dari endapan sehingga berpotensi terjadi likuifaksi. untuk itu penelitian ini mencoba untuk mengkaji potensi likuifaksi khususnya pada pesisir Kota Makassar.

Dalam penelitian ini ada dua tujuan yang ingin di capai yaitu : Mengetahui kondisi geologi dan geoteknik pesisir Kota Makassar. Mengetahui potensi likuifaksi di pesisir Kota Makassar dengan data geoteknik dan kegempaan. Dalam menganalisis Potensi Likuifaksi digunakan data PGA gempa dengan periode ulang 200 tahun, 500 tahun, 2500 tahun, 50000 tahun dan 10000 tahun.

Potensi likuifaksi dihitung dengan membagi nilai CRR dengan CSR untuk memperoleh nilai Faktor keamanan (SF). Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengujian lapangan *Standard Penetration Test* (SPT) pada proyek *Pembangunan Wastewater Sewer System Collection Of Makassar City* yang diuji pada tahun 2020. Data kegempaan di sekitar Kota Makassar yang dirujuk dari penelitian Studi Kegempaan Kota Makassar dengan Metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) pada tahun 2022.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Untuk gempa dengan periode ulang 200 tahun, 500 tahun, 2500 tahun, 5000 tahun dan 10000 tahun tidak ditemukan adanya lokasi yang berpotensi mengalami likuifaksi, Hal ini dikarenakan Nilai PGA kota Makassar cukup kecil karena jaraknya yang lumayan jauh dari sesar aktif.

***Kata Kunci** : Gempa Bumi, Likuifaksi, SPT, PSA, SF*

ABSTRACT

Liquefaction is a phenomenon in which the strength and rigidity of the soil are reduced due to earthquakes or other soil movements. This phenomenon when associated with the soil structure in the Makassar City area which consists partly of deposits so that there is the potential for liquefaction.

In this study, there are two goals to be achieved, namely: Knowing the geological and geotechnical conditions of the coastal Makassar City. Knowing the potential for liquefaction on the coast of Makassar City with geotechnical and seismicity data. In analyzing the Liquefaction Potential, PGA earthquake data with re-periods of 200 years, 500 years, 2500 years, 50000 years and 10000 years were used.

The potential liquefaction is calculated by dividing the CRR value by CSR to obtain the Safety factor (SF) value. The soil data used in this study is the result of a Standard Penetration Test (SPT) field test at the Wastewater Sewer System Collection Of Makassar City Development Project which was tested in 2020. Seismicity data around Makassar City which is referred to from the research of the Makassar City Seismicity Study using the PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) Method in 2022.

The results showed that for earthquakes with a repeat period of 200 years, 500 years, 2500 years, 5000 years and 10000 years, there were no locations that had the potential to experience liquefaction, this is because the PGA value of Makassar city is quite small because the distance is quite far from the active fault.

Keywords : *Earthquake, Liquefaction, SPT, PSA, SF*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH ii
KATA PENGANTAR iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xv
BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Sistematika Penulisan 4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Gempa 6
2.2 LIkuifaksi 11
2.3 Menganalisis Potensi Likuifaksi 14
BAB 3. METODE PENELITIAN 21
3.1. Lokasi Penelitian 21
3.2. Pengumpulan Data 21
3.3. Peralatan Yang Digunakan 22
3.4. Prosedur Penelitian 22
3.5. Flowchart Penelitian 26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Deskripsi Daerah Penelitian 27
4.2 Hasil Analisis Data Spt Dan Klasifikasi Tanah 29
4.3 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Kota Makassar 33
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN 150

5.1 Kesimpulan..... 150
5.2 Saran..... 150
DAFTAR PUSTAKA..... 151
LAMPIRAN..... 153

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta sumber gempa Indonesia (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010). 10
Gambar 2. Lokasi Penelitian 21
Gambar 3.Flowchart Penelitian 26
Gambar 4. Lokasi Titik Uji SPT 27
Gambar 5. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-01 Untuk periode 200 Tahun 95
Gambar 6. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-02 Untuk periode 200 Tahun 96
Gambar 7. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-03 Untuk periode 200 Tahun 96
Gambar 8. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-04 Untuk periode 200 Tahun 97
Gambar 9. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-05 Untuk periode 200 Tahun 97
Gambar 10. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-06 Untuk periode 200 Tahun 98
Gambar 11. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-07 Untuk periode 200 Tahun 98
Gambar 12. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-08 Untuk periode 200 Tahun 99
Gambar 13. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-09 Untuk periode 200 Tahun 99
Gambar 14. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-10 Untuk periode 200 Tahun 100
Gambar 15. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-11 Untuk periode 200 Tahun 100
Gambar 16. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-12 Untuk periode 200 Tahun 101

Gambar 17. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-13 Untuk periode 200 Tahun..... 101
Gambar 18. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-14 Untuk periode 200 Tahun..... 102
Gambar 19. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-15 Untuk periode 200 Tahun..... 102
Gambar 20. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-01 Untuk periode 500 Tahun..... 103
Gambar 21. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-02 Untuk periode 500Tahun..... 103
Gambar 22. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-03 Untuk periode 500 Tahun..... 104
Gambar 23. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-04 Untuk periode 500 Tahun..... 104
Gambar 24. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-05 Untuk periode 500 Tahun..... 105
Gambar 25. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-06 Untuk periode 500 Tahun..... 105
Gambar 26. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-07 Untuk periode 500 Tahun..... 106
Gambar 27. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-08 Untuk periode 500 Tahun..... 106
Gambar 28. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-09 Untuk periode 500 Tahun..... 107
Gambar 29. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-10 Untuk periode 500 Tahun..... 107
Gambar 30. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-11 Untuk periode 500 Tahun..... 108
Gambar 31. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-12 Untuk periode 500 Tahun..... 108

Gambar 32. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-13 Untuk periode 500 Tahun 109
Gambar 33. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-14 Untuk periode 500 Tahun 109
Gambar 34. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-15 Untuk periode 500 Tahun 110
Gambar 35. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-01 Untuk periode 2500 Tahun 110
Gambar 36. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-02 Untuk periode 2500 Tahun 111
Gambar 37. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-03 Untuk periode 2500 Tahun 111
Gambar 38. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-04 Untuk periode 2500 Tahun 112
Gambar 39. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-05 Untuk periode 2500 Tahun 112
Gambar 40. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-06 Untuk periode 2500 Tahun 113
Gambar 41. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-07 Untuk periode 2500 Tahun 113
Gambar 42. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-08 Untuk periode 2500 Tahun 114
Gambar 43. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-09 Untuk periode 2500 Tahun 114
Gambar 44. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-10 Untuk periode 2500 Tahun 115
Gambar 45. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-11 Untuk periode 2500 Tahun 115
Gambar 46. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-12 Untuk periode 2500 Tahun 116

Gambar 47. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-13 Untuk periode 2500 Tahun 116
Gambar 48. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-14 Untuk periode 2500 Tahun 117
Gambar 49. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-15 Untuk periode 2500 Tahun 117
Gambar 50. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-01 Untuk periode 5000 Tahun 118
Gambar 51. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-02 Untuk periode 5000 Tahun 118
Gambar 52. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-03 Untuk periode 5000 Tahun 119
Gambar 53. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-04 Untuk periode 5000 Tahun 119
Gambar 54. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-05 Untuk periode 5000 Tahun 120
Gambar 55. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-06 Untuk periode 5000 Tahun 120
Gambar 56. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-07 Untuk periode 5000 Tahun 121
Gambar 57. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-08 Untuk periode 5000 Tahun 121
Gambar 58. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-09 Untuk periode 5000 Tahun 122
Gambar 59. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-10 Untuk periode 5000 Tahun 122
Gambar 60. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-11 Untuk periode 5000 Tahun 123
Gambar 61. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-12 Untuk periode 5000 Tahun 123

Gambar 62. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-13 Untuk periode 5000 Tahun 124
Gambar 63. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-14 Untuk periode 5000 Tahun 124
Gambar 64. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-15 Untuk periode 5000 Tahun 125
Gambar 65. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-01 Untuk periode 10000 Tahun 125
Gambar 66. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-02 Untuk periode 10000 Tahun 126
Gambar 67. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-03 Untuk periode 10000 Tahun 126
Gambar 68. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-04 Untuk periode 10000 Tahun 127
Gambar 69. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-05 Untuk periode 10000 Tahun 127
Gambar 70. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-06 Untuk periode 10000 Tahun 128
Gambar 71. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-07 Untuk periode 10000 Tahun 128
Gambar 72. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-08 Untuk periode 10000 Tahun 129
Gambar 73. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-09 Untuk periode 10000 Tahun 129
Gambar 74. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-10 Untuk periode 10000 Tahun 130
Gambar 75. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-11 Untuk periode 10000 Tahun 130
Gambar 76. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-12 Untuk periode 10000 Tahun 131

Gambar 77. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-13 Untuk periode 10000 Tahun 131
Gambar 78. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-14 Untuk periode 10000 Tahun 132
Gambar 79. Hubungan Kedalaman dan Faktor Keamanan BH-15 Untuk periode 10000 Tahun 132
Gambar 80. Distribusi butiran menurut Oka (1995), (a) tanah bergradasi seragam, dan (b) tanah bergradasi baik……133
Gambar 81. Distribusi butiran menurut Tsuchida (1970)……134

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan PGA antara hasil PSHAtools dengan SNI 1726:2019 16
Tabel 2. Faktor Koreksi Terhadap SPT (Youd *et al*, 2001) 18
Tabel 3. Koordinat Titik Uji SPT 28
Tabel 4. Site Klasifikasi berdasarkan Peraturan Gempa Indonesia (SNI 1726 2012) 30
Tabel 5. Klasifikasi Tanah Berdasarkan HasilUji SPT Pada Beberapa Titik di Kota Makassar 30
Tabel 6. Bagan klasifikasi tanah (SNI 6371: 2015) 31
Tabel 7. Klasifikasi Tanah USCS (SNI 6371: 2015) 32
Tabel 8. Faktor Amplifikasi (SNI 1726-2012) 32
Tabel 9. Nilai PSA 33
Tabel 10. Data tanah pengujian SPT BH-01 34
Tabel 11. Data Tanah Pengujian SPT BH-02 34
Tabel 12. Data tanah pengujian SPT BH-03 34
Tabel 13. Data tanah pengujian SPT BH-04 35
Tabel 14. Data tanah pengujian SPT BH-05 35
Tabel 15. Data tanah pengujian SPT BH-06 36
Tabel 16. Data tanah pengujian SPT BH-07 36
Tabel 17. Data tanah pengujian SPT BH-08 36
Tabel 18. Data tanah pengujian SPT BH-09 37
Tabel 19. Data tanah pengujian SPT BH-10 37
Tabel 20. Data tanah pengujian SPT BH-11 38
Tabel 21. Data tanah pengujian SPT BH-12 38
Tabel 22. Data tanah pengujian SPT BH-13 38
Tabel 23. Data tanah pengujian SPT BH-14 39
Tabel 24. Data Tanah Pengujian SPT BH-15 39
Tabel 25. Data Kedalaman Muka Ait Tanah 40

Tabel 26. Perhitungan Nilai CSR BH-01 Sampai BH-05 Dengan Periode 200 Tahun 41
Tabel 27. Perhitungan Nilai CSR BH-06 Sampai BH-10 Dengan Periode 200 Tahun 41
Tabel 28. Perhitungan Nilai CSR BH-11 Sampai BH-15 Dengan Periode 200 Tahun 42
Tabel 29. Perhitungan Nilai CSR BH-01 Sampai BH-05 Dengan Periode 500 Tahun 42
Tabel 30. Perhitungan Nilai CSR BH-06 Sampai BH-10 Dengan Periode 500 Tahun 43
Tabel 31. Perhitungan Nilai CSR BH-11 Sampai BH-15 Dengan Periode 500 Tahun 43
T**abel 32.** Perhitungan Nilai CSR BH-01 Sampai BH-05 Dengan Periode 2500 Tahun 43
Tabel 33. Perhitungan Nilai CSR BH-06 Sampai BH-10 Dengan Periode 2500 Tahun 44
Tabel 34. Perhitungan Nilai CSR BH-11 Sampai BH-15 Dengan Periode 2500 Tahun 44
Tabel 35. Perhitungan Nilai CSR BH-01 Sampai BH-05 Dengan Periode 5000 Tahun 45
Tabel 36. Perhitungan Nilai CSR BH-06 Sampai BH-10 Dengan Periode 5000 Tahun 45
Tabel 37. Perhitungan Nilai CSR BH-11 Sampai BH-15 Dengan Periode 5000 Tahun 46
Tabel 38. Perhitungan Nilai CSR BH-01 Sampai BH-05 Dengan Periode 10000 Tahun 46
Tabel 39. Perhitungan Nilai CSR BH-06 Sampai BH-10 Dengan Periode 10000 Tahun 47
Tabel 40. Perhitungan Nilai CSR BH-11 Sampai BH-15 Dengan Periode 10000 Tahun 47
Tabel 41. Hasil perhitungan MSF dengan variasi gempa 48

Tabel 42. Faktor Koreksi Overburden BH-01..... 48
Tabel 43. Faktor Koreksi Overburden BH-02..... 49
Tabel 44. Faktor Koreksi Overburden BH-03..... 49
Tabel 45. Faktor Koreksi Overburden BH-04..... 49
Tabel 46. Faktor Koreksi Overburden BH-05..... 50
Tabel 47. Faktor Koreksi Overburden BH-06..... 50
Tabel 48. Faktor Koreksi Overburden BH-07..... 51
Tabel 49. Faktor Koreksi Overburden BH-08..... 51
Tabel 50. Faktor Koreksi Overburden BH-09..... 52
Tabel 51. Faktor Koreksi Overburden BH-10..... 52
Tabel 52. Faktor Koreksi Overburden BH-11..... 52
Tabel 53. Faktor Koreksi Overburden BH-12..... 53
Tabel 54. Faktor Koreksi Overburden BH-13..... 53
Tabel 55. Faktor Koreksi Overburden BH-14..... 54
Tabel 56. Faktor Koreksi Overburden BH-15..... 54
Tabel 57. Perhitungan Nilai CRR BH-01 55
Tabel 58. Perhitungan Nilai CRR BH-02 55
Tabel 59. Perhitungan Nilai CRR BH-03 56
Tabel 60. Perhitungan Nilai CRR BH-04 56
Tabel 61. Perhitungan Nilai CRR BH-05 57
Tabel 62. Perhitungan Nilai CRR BH-06 57
Tabel 63. Perhitungan Nilai CRR BH-07 57
Tabel 64. Perhitungan Nilai CRR BH-08 58
Tabel 65. Perhitungan Nilai CRR BH-09 58
Tabel 66. Perhitungan Nilai CRR BH-10 59
Tabel 67. Perhitungan Nilai CRR BH-11 59
Tabel 68. Perhitungan Nilai CRR BH-12 60
Tabel 69. Perhitungan Nilai CRR BH-13 60
Tabel 70. Perhitungan Nilai CRR BH-14 60
Tabel 71. Perhitungan Nilai CRR BH-15 61
Tabel 72. Faktor Keamanan Untuk BH-01..... 62

Tabel 73. Faktor Keamanan Untuk BH-02..... 62
Tabel 74. Faktor Keamanan Untuk BH-03..... 63
Tabel 75. Faktor Keamanan Untuk BH-04..... 63
Tabel 76. Faktor Keamanan Untuk BH-05..... 63
Tabel 77. Faktor Keamanan Untuk BH-06..... 64
Tabel 78. Faktor Keamanan Untuk BH-07..... 64
Tabel 79. Faktor Keamanan Untuk BH-08..... 65
Tabel 80. Faktor Keamanan Untuk BH-09..... 65
Tabel 81. Faktor Keamanan Untuk BH-10..... 66
Tabel 82. Faktor Keamanan Untuk BH-11..... 66
Tabel 83. Faktor Keamanan Untuk BH-12..... 66
Tabel 84. Faktor Keamanan Untuk BH-13..... 67
Tabel 85. Faktor Keamanan Untuk BH-14..... 67
Tabel 86. Faktor Keamanan Untuk BH-15..... 68
Tabel 87. Faktor Keamanan Untuk BH-01..... 68
Tabel 88. Faktor Keamanan Untuk BH-02..... 69
Tabel 89. Faktor Keamanan Untuk BH-03..... 69
Tabel 90. Faktor Keamanan Untuk BH-04..... 70
Tabel 91. Faktor Keamanan Untuk BH-05..... 70
Tabel 92. Faktor Keamanan Untuk BH-06..... 70
Tabel 93. Faktor Keamanan Untuk BH-07..... 71
Tabel 94. Faktor Keamanan Untuk BH-08..... 71
Tabel 95. Faktor Keamanan Untuk BH-09..... 72
Tabel 96. Faktor Keamanan Untuk BH-10..... 72
Tabel 97. Faktor Keamanan Untuk BH-11..... 73
Tabel 98. Faktor Keamanan Untuk BH-12..... 73
Tabel 99. Faktor Keamanan Untuk BH-13..... 73
Tabel 100. Faktor Keamanan Untuk BH-14..... 74
Tabel 101. Faktor Keamanan Untuk BH-15..... 74
Tabel 102 . Faktor Keamanan Untuk BH-01..... 75
Tabel 103. Faktor Keamanan Untuk BH-02..... 75

Tabel 104. Faktor Keamanan Untuk BH-03..... 76
Tabel 105 . Faktor Keamanan Untuk BH-04..... 76
Tabel 106. Faktor Keamanan Untuk BH-05..... 76
Tabel 107 . Faktor Keamanan Untuk BH-06..... 77
Tabel 108. Faktor Keamanan Untuk BH-07..... 77
Tabel 109. Faktor Keamanan Untuk BH-08..... 78
Tabel 110. Faktor Keamanan Untuk BH-09..... 78
Tabel 111. Faktor Keamanan Untuk BH-10..... 79
Tabel 112. Faktor Keamanan Untuk BH-11..... 79
Tabel 113 . Faktor Keamanan Untuk BH-12..... 79
Tabel 114. Faktor Keamanan Untuk BH-13..... 80
Tabel 115. Faktor Keamanan Untuk BH-14..... 80
Tabel 116. Faktor Keamanan Untuk BH-15..... 81
Tabel 117. Faktor Keamanan Untuk BH-01..... 81
Tabel 118 . Faktor Keamanan Untuk BH-02..... 82
Tabel 119. Faktor Keamanan Untuk BH-03..... 82
Tabel 120. Faktor Keamanan Untuk BH-04..... 83
Tabel 121. Faktor Keamanan Untuk BH-05..... 83
Tabel 122. Faktor Keamanan Untuk BH-06..... 84
Tabel 123 . Faktor Keamanan Untuk BH-07..... 84
Tabel 124. Faktor Keamanan Untuk BH-08..... 84
Tabel 125. Faktor Keamanan Untuk BH-09..... 85
Tabel 126. Faktor Keamanan Untuk BH-10..... 85
Tabel 127. Faktor Keamanan Untuk BH-11..... 86
Tabel 128. Faktor Keamanan Untuk BH-12..... 86
Tabel 129. Faktor Keamanan Untuk BH-13..... 87
Tabel 130. Faktor Keamanan Untuk BH-14..... 87
Tabel 131. Faktor Keamanan Untuk BH-15..... 87
Tabel 132. Faktor Keamanan Untuk BH-01..... 88
Tabel 133. Faktor Keamanan Untuk BH-02..... 88
Tabel 134. Faktor Keamanan Untuk BH-03..... 89

Tabel 135. Faktor Keamanan Untuk BH-04..... 89
Tabel 136 . Faktor Keamanan Untuk BH-05..... 90
Tabel 137. Faktor Keamanan Untuk BH-06..... 90
Tabel 138. Faktor Keamanan Untuk BH-07..... 91
Tabel 139. Faktor Keamanan Untuk BH-08..... 91
Tabel 140. Faktor Keamanan Untuk BH-09..... 91
Tabel 141. Faktor Keamanan Untuk BH-10..... 92
Tabel 142. Faktor Keamanan Untuk BH-11..... 92
Tabel 143. Faktor Keamanan Untuk BH-12..... 93
Tabel 144. Faktor Keamanan Untuk BH-13..... 93
Tabel 145. Faktor Keamanan Untuk BH-14..... 94
Tabel 146. Faktor Keamanan Untuk BH-15..... 94

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempa bumi adalah guncangan hebat yang terjadi di permukaan bumi. Getaran ini disebabkan oleh gerakan di lapisan terluar bumi. USGS, lembaga geologi AS, menjelaskan, gempa bumi adalah ketika dua lempeng bumi tiba-tiba bergeser. Permukaan tempat kedua lempeng bergeser disebut bidang patahan atau patahan. Gempa bumi disebabkan oleh pergerakan kerak atau lempeng bumi tersebut. Lokasi di bawah permukaan bumi tempat gempa bumi dimulai disebut hiposenter. Sedangkan lokasi tepat di atas gempa bumi disbeut episentrum.

Dengan kekuatan yang cukup besar, gempa Bumi dapat menimbulkan beberapa dampak bagi masyarakat. Seperti Bangunan yang roboh atau hancur, Tanah longsor, Jatuhnya korban jiwa, Permukaan tanah menjadi retak dan jalanan terputus, Banjir karena rusaknya tanggul, Gempa dasar laut dapat menyebabkan tsunami. Dan juga Salah satu dampak yang dapat ditumbulkan oleh Gempa adalah liquifaksi.

Likuifaksi adalah fenomena di mana kekuatan dan kekakuan tanah berkurang dikarenakan gempa atau pergerakan tanah lainnya. Hal ini merupakan suatu proses atau kejadian berubahnya sifat tanah dari keadaan padat menjadi keadaan cair, yang disebabkan oleh beban

siklik pada waktu terjadi gempa sehingga tekanan air pori (porewater) meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal. Likuifaksi terjadi ketika struktur pasir jenuh yang longgar rusak karena pergerakan tanah. Sebagaimana struktur rusak, individu partikel yang longgar berusaha untuk pindah ke konfigurasi yang padat. Dalam gempa bumi, bagaimanapun tidak ada cukup waktu untuk air di pori-pori tanah untuk dapat diperas / dikeluarkan dari tanah. Sebaliknya air "terjebak" dan mencegah partikel tanah untuk bergerak lebih dekat satu sama lain. Hal ini disertai dengan peningkatan tekanan air yang mengurangi kekuatan kontak antara individu partikel tanah , sehingga terjadi pelunakan dan melemahnya deposit tanah.

Kota Makassar terletak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang, sungai Tallo dan Selat Makassar, hal ini menjadi penyebab sering terjadinya genangan air pada beberapa kota bila hujan, banjir dan air pasang terjadi pada waktu yang bersamaan sehingga tanah menjadi jenuh air. Fenomena ini bila dikaitkan dengan struktur tanah diwilayah Kota Makassar yang sebagian terdiri dari endapan tanah pasir sehingga berpotensi terjadi likuifaksi. untuk itu penelitian ini mencoba untuk mengkaji potensi likuifaksi khususnya pada pesisir Kota Makassar.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka dibuat rumusan masalah:

1. Bagaimana kondisi geologi dan geoteknik Pesisir Kota Makassar?
2. Bagaimana Potensi Likuifaksi di Pesisir Kota Makassar dengan data geoteknik dan kegempaan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi geologi dan geoteknik Pesisir Kota Makassar.
2. Mengetahui Potensi Likuifaksi di Pesisir Kota Makassar dengan data geoteknik dan kegempaan.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan penelitian di atas, maka dalam penelitian ini diperlukan batasan ruang lingkup pembahasan.

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa likuifaksi hanya menggunakan data SPT (Standar Penetration Test) di wilayah Pesisir Kota Makassar yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Wastewater Sewer System Collection Of Makassar City yang diuji pada tahun 2020.
2. Data PGA yang digunakan adalah data pada periode ulang 200 tahun, 500 tahun, 2500 tahun, 5000 tahun, dan 10000 tahun.

3. Metode yang digunakan adalah Metode NCEER (National Centre for Eartquake Engeineering Research).

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahan tugas akhir ini lebih terarah pada inti permasalahan dan kerangka isi. Gambaran umum mengenai isi penelitian ini, dapat dituliskan sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang penelitian ini dilakukan, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan teori – teori dasar dan tinjauan umum sehubungan dengan judul penulisan yaitu Analisis Potensi Liquifaksi Pada Pesisir Kota Makassar Menggunakan Metode Nceer (National Center Of Earthquake Engineering Research)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menerangkan teknis penelitian yang dilakukan serta cara pengolahan data hasil penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan data hasil penelitian dan analisis data untuk mencapai hasil penelitian

BAB 5. PENUTUP

Menerangkan tentang kesimpulan hasil analisis data penelitian dan saran sebagai hasil pandangan penelitian yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa

Gempa bumi adalah peristiwa alam dimana terjadi getaran di muka bumi akibat pelepasan energy dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi yang terjadi berupa gempa bumi vulkanik dan gempa bumi tektonik. Gempa bumi vulkanik terjadi dengan keluarnya magma dari kulit bumi disertai dengan letusan sehingga terjadi getaran pada lapisan tanah. Gempa bumi dapat menyebabkan suatu kegagalan struktur dengan hilangnya daya dukung tanah pada tanah yang jenuh air (Manoppo et al, 2019).

Gempa diklasifikasikan berdasarkan kedalaman fokus yaitu gempa dangkal (kurang dari 70 km), gempa menengah (kurang dari 300 km), dan gempa dalam (lebih dari 300 km) (Fowler, 1990).

Adapun gempa dibedakan pula berdasarkan waktu terjadinya (Ginanjar, 2008):

1. Gempa Utama (mainshock) yaitu gempa yang terjadi pada guncangan awal akibat deformasi karena adanya interaksi antar lempeng.
2. Gempa Susulan (aftershock) merupakan gempa yang terjadi setelah datangnya gempa utama. Gempa susulan dapat terjadi lebih dari satu kali pada wilayah yang sama dengan gempa utama.

3. Gempa Pendahuluan (foreshock) merupakan gempa yang mendahului gempa utama dengan magnitudo yang lebih kecil dan terjadi pada wilayah yang sama dengan gempa utama.

Parameter gempa yang menyebabkan gerakan tanah sangat penting untuk menggambarkan karakteristik gempa yang terjadi. Menurut (Kramer,1996) ada beberapa parameter yang mempengaruhi kekuatan gempa, diantaranya:

1. Amplitudo Kekuatan gempa dapat digambarkan dalam bentuk gelombang. Parameter gelombang yang tercatat dapat berupa hubungan antara waktu dengan percepatan, kecepatan, atau perpindahan.
2. Waktu kejadian gempa bumi (Origin time) Waktu kejadian gempa bumi atau origin time adalah waktu pada saat terlepasnya akumulasi tegangan berupa gelombang gempa yang dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik dalam satuan UTC (Universal Time Coordinated).
3. Durasi Durasi guncangan berkaitan dengan waktu yang diperlukan untuk melepaskan energi yang terakumulasi oleh guncangan di sepanjang patahan. Lamanya durasi guncangan yang besar dapat memberikan pengaruh besar terhadap kerusakan akibat gempa bumi.

4. Hiposenter Hiposenter merupakan titik pusat terjadinya gempa bumi. Terdapat beberapa jenis gempa bumi berdasarkan kedalaman hiposentrumnya, diantaranya:
    a. Gempa bumi dangkal dengan pusat kedalaman < 70 km.
    b. Gempa bumi sedang dengan pusat kedalaman 70 – 300 km.
    c. Gempa bumi dalam dengan pusat kedalaman 300 – 700 km.
5. Episenter Episenter merupakan lokasi di permukaan tanah yang tegak lurus dengan hiposenter atau titik awal terjadinya gempa.
6. Kekuatan gempa bumi atau magnitude Besarnya energi yang dilepaskan saat gempa terjadi disebut dengan kekuatan gempa atau magnitudo gempa. Untuk dapat menggambarkan besarnya gempa bumi digunakan alat yang disebut seismograf. Saat gempa bumi terjadi, seismograf memantau kekuatan gempa bumi kemudian dicatat dalam seismogram

Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama bumi yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik dan Philipina. Hal ini menyebabkan di Indonesia sering terjadi gempa bumi. Oleh sebab itu, setiap perencanaan pembangunan di Indonesia harus memperhitungkan resiko-resiko yang bisa disebabkan oleh aktivitas kegempaan. Resiko-resiko tersebut dapat berupa kegagalan struktur bangunan dan kegagalan struktur tanah (Hutagalung dan Tarigan, 2019).

Peristiwa gempabumi besar dapat menimbulkan dampak primer seperti goncangan, kenaikan dan penurunan tektonik, patahan permukaan,

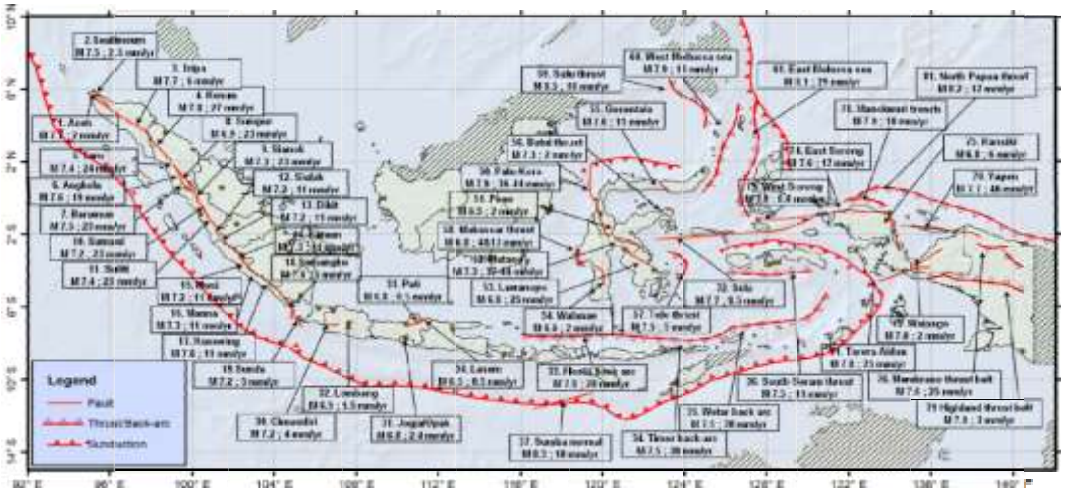
dan dampak sekunder seperti tsunami, longsoran dan likuifaksi. Fenomena likuifaksi akibat gempabumi merupakan peristiwa hilangnya kekuatan lapisan pasir lepas akibat kenaikan tekanan airpori karena menerima getaran gempabumi. Dengan demikian, peristiwa likuifaksi akan terjadi di daerah rawan gempabumi besar yang tersusun oleh endapan pasir jenuh air dengan kepadatan rendah, dan di daerah dengan pergerakan permukaan ko-seismik melebih nilai batas ambangnya (Seed & Idriss,1971).

Berdasarkan perbedaan litologi Pulau Sulawesi terbagi menjadi empat mandala (province) tektonik yaitu Lengan Utara (North Arm), Lengan Selatan (South Arm), Lengan Timur (East Arm), dan Lengan Tenggara (Southeast Arm).Secara regional, Pulau Sulawesi mendapat tekanan dari luar sehingga terjadi deformasi secara terus menerus, seperti tekanan dari Laut Flores di bagian selatan mengaktifkan Sesar Palu-Koro dan Walanae, Banggai-Sula dan Laut Banda dari timur mengaktifkan Sesar Matano, Batui, Lawanoppo dan Kolaka, Laut Sulawesi dari utara mengaktifkan subduksi laut Sulawesi dan Sesar Gorontalo dan aktivitas gunungapi di utara serta tekanan dari lempeng Laut Maluku dari timur menimbulkan gempa dan gunungapi di Sulawesi Utara.Struktur geologi di Sulawesi didominasi oleh arah barat laut – tenggara yang berupa sesar mendatar sinistral dan sesar naik (Hamilton, 1979).

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, daerah Kota Makassar terletak pada jarak yang relatif jauh dari sumber seismik aktif dan tidak dilalui oleh

jalur patahan. Walaupun demikian, daerah Kota Makassar dikelilingi oleh patahan-patahan yang sering menimbulkan gempa secara tiba-tiba, selain itu endapan permukaan yang lunak di Kota Makassar dapat memperbesar getaran tanah yang disebabkan oleh gempa bumi jauh. Gempa-gempa tersebut berpotensi memberi pengaruh getaran pada wilayah Kota Makassar, getaran tersebut merambat dari batuan dasar hingga ke permukaan tanah. Hasil penelitian yang termuat dalam revisi peta gempa Indonesia 2010 menunjukkan bahwa Sesar Walanae diperkirakan mampu menghasilkan gempabumi dengan kekuatan 7,53 (Irsyam, M.,.dkk, 2010).

Data kegempaan menunjukkan walaupun kemungkinan terjadinya gempa bumi besar dekat Makassar rendah, potensi kerusakan di kota tersebut yang disebabkan oleh gempa bumi jauh tidak dapat dikesampingkan.



Gambar 1. Peta sumber gempa Indonesia (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010).

2.2 LIkuifaksi

Menurut Marcuson (1978), Likuifaksi didefinisikan sebagai berubahnya sifat-sifat tanah granular, dari yang bersifat solid menjadi liquid. Arti kata liquid bukanlah berubahnya tanah menjadi air, tetapi diartikan sebagai perubahan sifat tanah yang cenderung seperti air. Hal tersebut disebabkan karena adanya peningkatan tekanan air pori dalam tanah. Perlu ditekankan bahwa sampai saat ini, penelitian yang ada menunjukkan bahwa fenomena likuifaksi hanya terjadi pada tanah dengan kondisi jenuh dengan kondisi undrained. Lebih detailnya adalah terjadi pada tanah lepas ataupun tanah granular setengah padat dengan kondisi drainasi yang jelek, misalnya pasir berlanau atau pasir dan kerikil yang terkekang oleh lapisan impermeable.

Potensi likuifaksi dapat dipelajari dengan menggunakan tiga metode pengujian lapangan, yaitu uji penetrasi standard, uji penetrasi konus dan pengukuran kecepatan geser. (Youd et al, 2001).

Ada banyak faktor yang dapat menyebabkan tanah mengalami proses likuifaksi. Berdasarkan hasil uji laboratorium serta observasi dan studi lapangan, menurut (Day, 2001) faktor-faktor tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Intensitas, durasi, dan karakteristik gempa bumi

   Tanah akan mengalami likuifaksi apabila diberi getaran. Karakteristik gerakan tanah seperti percepatan dan durasi gempa dapat menentukan regangan geser yang menyebabkan reaksi antar partikel

tanah dan peningkatan tekanan air pori padah tanah sehingga terjadi likuifaksi. Potensi likuifaksi meningkat seiring intensitas dan durasi guncangan gempa terjadi. Gempa bumi yang memiliki kekuatan tertinggi akan menghasilkan percepatan tanah maksimum pada tanah dasar atau *Peak Ground Acceleration* (PGA).

2. Kepadatan relatif tanah

   Berdasarkan studi lapangan, tanah non-kohesif yang mempunyai kepadatan relative yang lepas rentan terhadap likuifaksi. Jika tanah memiliki kepadatan relative yang semakinbesar maka akan berbanding lurus dengan tahanannya terhadap potensi likuifaksi.

3. Jenis tanah

   Ishihara (1996) menyatakan bahwa peristiwa likuifaksi yang pernah terjadi selama gempa bumi telah ditemukan dalam endapanyang terdiri dari pasir halus sampai sedang dan pasir mengandung rasio plastisitas yang rendah. Dengan demikian, jenis tanah yang rentan terhadap likuifaksi adalah tanah nonplastis (*nonkohesif*).

4. Muka air tanah

   Kondisi yang paling rentan terjadi likuifaksi adalah permukaanyang dekat dengan muka air tanah.

5. Gradasi ukuran partikel

   Tanah yang memiliki gradasi seragam (*uniformly graded soil*) cenderung tidak stabil dan lebih rentan terhadap likuifaksi daripada tanah yang bergradasi baik (*well-graded soil*). Tanah dengan gradasi

baik memiliki partikel yang saling mengisi rongga dan mengurangi potensi kontraksi tanah sehingga tekanan air pori yangdihasilkan lebih sedikit selama terjadinya getaran atau gempa.

6. Kondisi drainase dan dimensi deposit atau endapan

   Jika tekanan air pori berlebih dapat dengan cepat akan terdisipasi, maka kemungkinan tidak akan terjadi likuifaksi. Oleh karena itu, drainase dengan kerikil permabel atau lapisan kerikil dapat mengurangi potensi terjadinya likuifaksi. Selain itu, endapan alami yang terbentuk di danau, sungai, atau lautan cenderung membentuk lapisan konsistensi tanah lepas dan terjadi segregasi sehingga lebih rentan terhadap likuifaksi. Tanah yang sangat rentan terhadap likuifaksi terbentuk di lingkungan pengendapan *lacustrine,alluvial,* dan *marine*.

Likuifaksi pada tanah bersifat merusak dan menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap stabilitas tanah dan bangunan diatasnya. Adapun dampak yang ditimbulkan dari perilaku likuifaksi (Marcuson,1978) adalah :

1. Terjadinya penurunan tanah hingga 5 % ketebalan lapisan tanah terlikuifaksi.
2. Terjadinya kehilangan daya dukung lateral tanah.
3. Terjadinya kehilangan daya dukung tanah.
4. Terjadinya pengapungan struktur yang dibenamkan dalam tanah, seperti tanki di bawah tanah.

5. Meningkatkan tekanan lateral tanah yang dapat menyebabkan kegagalan pada struktur penahan tekanan lateral tanah, seperti quay walls.
6. Terjadinya lateral spreading (limited lateral movements).
7. Terjadinya lateral flow (extensive lateral movements).

2.3 Menganalisis Potensi Likuifaksi

Dalam menganalisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan cara yaitu uji laboratorium dan pendekatan perhitungan dari data pengujian lapangan. Dalam tugas akhir ini penulis bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai potensi likuifaksi dari hasil uji lapangan yaitu data SPT (Standard Penetration Test). Untuk menganalisis potensi likuifaksi dibutuhkan nilai rasio tegangan siklik (CSR) dan nilai rasio tahanan siklik (CRR) yang bisa didapatkan dari nilai CPT (Cone Penetration Test), SPT (Standard Penetration Test), Vs (Shearwave velocity), dan beberapa uji tanah lainnya termasuk Becker Penetration Test (BPT). Namun dalam tugas akhir ini penulis membatasi perhitungan dari SPT.

Metode yang digunakan pada analisis likuifaksi adalah metode yang telah disepakati oleh workshop mengenai CRR oleh NCEER pada tahun 1996 dan tahun 1998, yang termuat dalam *Journal Of Geotechnical Engineering*, volume 127, Nomor 10, Oktober 2001 halaman 817-833. Workshop tersebut diketuai oleh Youd, . L. dan Idriss, I. M. Pada dasarnya workshop tersebut mengembangkan *simplified procedure* yang diusulkan

oleh Seed dan Idriss, 1971, yang difokuskan pada analisis ketahanan tanah terhadap bahaya likuifaksi (CRR). (Idriss dan Boulanger, 2008).

2.3.1 Evaluasi Cyclic Stress Ratio (CSR)

Pengaruh gempa terhadap lapisan tanah dapat diekspresikan sebagai Rasio Tegangan Cyclic (CSR). Perhitungan dari rasio tegangan cyclic dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1 di bawah ini (Seed dan Idris. 1971) :

$$CSR = 0{,}65 \left(\frac{a_{max}}{g}\right) . \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v}\right) . r_d \qquad (1)$$

Dengan :

$a_{\max}$ = puncak dari kurva percepatan horizontal pada permukaan tanah yang timbul akibat adanya gempa bumi (m/s^2);

g = percepatan gravitasi (m/s^2);

σ_{vo} and σ'_{vo} = tegangan total dan efektif dari overburden (kPa);

r_d = koefisien reduksi tegangan.

Tabel 1. Perbandingan PGA antara hasil PSHAtools dengan SNI 1726:2019

Periode Ulang (Tahun)	**PGA (g) (*Sumber: Azizah, 2022*)**	**PGA (g) berdasarkan SNI 1726:2019**
200	0.082	0 – 0.05
500	0.106	0.05 – 0.1
2500	0.159	0.1 – .015
5000	0.185	0.1 – .015
10000	0.214	0.15 – 0.2

Koefisien rd pada Persamaan 1 merupakan koefisien reduksi tegangan pada suatu kedalaman yang dirumuskan untuk mengestimasi besarnya koefisien reduksi besaran CSR. Formulasi untuk mengestimasi koefisien reduksi tegangan yang dikemukakan oleh Blake (1996) dalam (Youd *et al*, 2001) pada Persamaan berikut:

$$r_d = \frac{1{,}0 - 0{,}4113z^{1{,}5} + 0{,}04052z + 0{,}001753z^{1{,}5}}{1{,}0 - 0{,}4177z^{0{,}5} + 0{,}05729z - 0{,}006205z^{1{,}5} + 0{,}00121z^{2}} \quad (2)$$

Dengan z dalam Persamaan 2 adalah kedalaman tanah di bawah permukaan menggunakan satuan meter.

2.3.2 Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Kemampuan tanah untuk menahan likuifaksi atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dapat ditentukan berdasarkan data hasil uji. Nilai CRR

ditentukan pada besaran skala gempa (Mw) 7.5 dan pasir murni dengan (N1)60cs < 37,5 (Youd *et al* , 2001) :

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N1)60cs} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{[10.(N1)60cs+45]^2} - \frac{1}{200} \quad (3)$$

$$(N_1)_{60} = N_m\, C_N\, C_E\, C_B\, C_R\, C_S \quad (4)$$

Dimana:

(N_1) = Nilai koreksi N SPT

N_m = Nilai pembacaan SPT

C_N = Faktor normalisasi Nm terhadap tegangan overburden pada umumnya

C_E = Koreksi rasio energy hammer

C_B = Koreksi diameter borelog

C_R = Faktor koreksi panjang batang

C_S = Faktor koreksi sampel

Karena peningkatan nilai N-SPT dengan meningkatnya tegangan overburden efektif, maka faktor koreksi tegangan overburden harus dihitung. Faktor ini dihitung dengan Persamaan oleh Seed-Idriss (1982) :

$$C_N = 2{,}2/\,(1{,}2 + \frac{\sigma'_v}{Pa}) \quad (5)$$

Dimana :

σ'v = Tegangan vertikal efektif tanah (kN/m2)

Pa = Tekanan atmosfir 100 kPa (1atm)

Dimana CN tidak melebihi 1,7.

Sedangkan untuk nilai koreksi rasio energy hammer (C_E), factor koreksi diameter lubang bor (C_B), factor koreksi panjang batang (C_R), factor koreksi sampel (Cs) dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Faktor Koreksi Terhadap SPT (Youd *et al*, 2001)

Faktor	Jenis Alat	Parameter	Koreksi
Tegangan vertikal efektif	-	C_N	2,2/(1,2+(σ'v/Pa))
Tegangan vertikal efektif	-	C_N	C_N < 1,7
Rasio Tenaga	*Donut hammer*	C_E	0,5 - 1,0
Rasio Tenaga	*Safety hammer*	C_E	0,7 - 1,2
Rasio Tenaga	*Automatic-trip Donut-type hammer*	C_E	0,8 - 1,3
Diameter bor	65-115 mm	C_B	1,0
Diameter bor	150 mm	C_B	1,05
Diameter bor	200 mm	C_B	1,15
Panjang batang	<3 m	C_R	0,75
Panjang batang	3-4 m	C_R	0,8
Panjang batang	4-6 m	C_R	0,85
Panjang batang	6-10 m	C_R	0,95
Panjang batang	10-30 m	C_R	1,0
Pengambilan contoh	tabung standar	C_S	1,0
Pengambilan contoh	tabung dengan pelapis (*liner*)	C_S	1,1 - 1,3

Berikutnya menghitung nilai (N1)60cs yang dipengaruhi oleh nilai Fines Content itu sendiri. (Youd *et al,* 2001) :

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \quad (6)$$

Dimana α dan β adalah koefisien yang didapatkan dari Persamaan 7 berikut:

α = 0, β = 1 untuk FC ≤ 5% (7a)

α = exp[1,76 – (190/FC2)] untuk 5% < FC < 35% (7b)

α = 5,0 untuk FC ≥ 35% (7c)

β = 1,0 untuk FC ≤ 5% (7d)

β = [0,99 + (FC1,5/1,000)] untuk 5% < FC < 35% (7e)

β = 1,2 untuk FC ≥ 35% (7f)

Pada skala gempa yang berbeda dengan gempa 7,5 Skala Richter diperlukan faktor koreksi yang disebut Magnitude Scale Factor (MSF). Nilai CRR selain 7.5 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 8 sebagai berikut (Idriss & Boulange, 2010):

$CRR_{M,\sigma'v} = CRR_{M=7.5\ \sigma'v=1}.\ MSF.\ K_\sigma$ (8)

$MSF = 6.9\exp(\frac{-M}{4}) - 0.058 \leq 1.8$ (9)

$K_\sigma = 1 - C_\sigma \ln(\frac{\sigma'_v}{Pa}) \leq 1.1$ (10)

$C_\sigma = \frac{1}{18.9 - 2.55\sqrt{(N1)60cs}} \leq 0.3$ (11)

Dimana :

CRR7.5 = CRR pada skala 7,5 Skala Richter

Kσ = Faktor koreksi overburden

MSF = Faktor skala gempa

M = Gempa Selam 7.5

2.3.3 Safety Factor (SF)

Nilai CRR tanah ini digunakan untuk menentukan faktor keamanan dari perilaku likuifaksi pada tanah, yaitu dengan cara membandingkan antara CRR7.5 dengan CSR seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 12 dan untuk gempa dengan Magnitude selain 7.5 digunakan Persamaan 8 Untun mencari nilai CRR nya terlebih dahulu.

$$SF = \frac{\mathbf{CRR}}{\boldsymbol{CSR}} \tag{12}$$

Jika nilai Safety Faktor (SF) < 1, maka tanah tersebut akan terjadi likuifaksi. Sebaliknya, jika Safety Faktor (SF) >1, maka tanah tersebut tidak terlikuifaksi.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Kota Makassar dan bertitik pusat di wilayah pesisir Kota Makassar

Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.2. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Data tanah hasil pengujian lapangan *Standard Penetration Test* (SPT) pada proyek pembangunan Wastewater Sewer System Collection Of Makassar City yang diuji pada tahun 2020