

SKRIPSI

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI MENGGUNAKAN NILAI
STANDARD PENETRATION TEST DAERAH ANDUONOHU,
KECAMATAN POASIA, KABUPATEN KENDARI, PROVINSI
SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

DIDI PRASETIA

D061 18 1329



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI MENGGUNAKAN NILAI
STANDARD PENETRATION TEST DAERAH ANDUONOHU,
KECAMATAN POASIA, KABUPATEN KENDARI, PROVINSI
SULAWESI TENGGARA****Disusun dan diajukan oleh****DIDI PRASETIA****D061 18 1329**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Oktober 2023

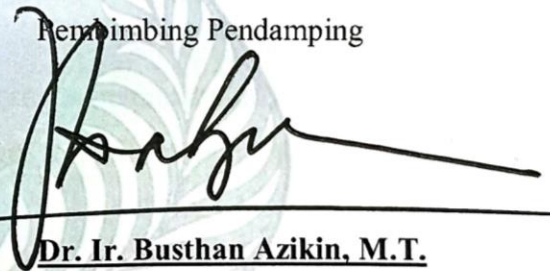
Menyetujui

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T.
NIP. 195812101986012001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T.
NIP. 195910081987031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr.-Eng Hendra Pachri, S.T., M.Eng.
NIP. 197712142005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Didi Prasetya
NIM : D061 18 1329
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Nilai *Standard Penetration Test*
Daerah Anduonohu, Kecamatan Poasia, Kabupaten Kendari, Provinsi Sulawesi
Tenggara}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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 pemetatan ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 Oktober 2023

Menyatakan

Didi Prasetya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat hidayah-Nya serta kesehatan yang selalu diberikan sehingga proses penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.

Sholawat salam kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umatnya yang juga seorang revolusioner sejati yang telah menuntun umatnya ke jalan yang terang seperti sekarang. Pada kesempatan ini, tak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Ibu Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T. sebagai penasihat akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing utama yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan laporan.
2. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses maupun penulisan laporan.
3. Ketua Departemen, Bapak Dr. -Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. dan Sekretaris Departemen, Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan serta masukan pada laporan penulis.
4. Bapak Prof. Dr. -Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T., IPM. (Almarhum) yang telah menjadi dosen penguji pada seminar hasil penulis dan banyak memberikan arahan serta masukan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. Teman-teman *Xenolith* (Teknik Geologi Angkatan 2018) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan laporan.

8. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.
9. Kepada kedua orangtua penulis yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dapat menjadi orang yang membanggakan keluarga.
10. Semua rekan yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *Jazakumullahu khayran wa barokallahu fiikum.*

Di dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karenanya, berbagai bentuk kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Terimakasih.

Gowa, Oktober 2023

Penulis

ABSTRAK

DIDI PRASETIA. *ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI MENGGUNAKAN NILAI STANDARD PENETRATION TEST DAERAH ANDUONOHU, KECAMATAN POASIA, KABUPATEN KENDARI, PROVINSI SULAWESI TENGGARA* dibimbing oleh Rohaya Langkoke dan Busthan Azikin

Daerah penelitian berada di daerah Anduonohu, Kecamatan Poasia, Kabupaten Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara, tepatnya pada koordinat 122°32'16"BT - 122°32'17,30"BT dan 4°0'41.30"LS - 4°0'43.30"LS.

Daerah Anduonohu memiliki kondisi geologi tanah berpasir dan jenuh air serta dengan adanya sesar aktif di sekitar wilayah tersebut menyebabkan secara teori memiliki potensi terjadinya likuifaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi, mengidentifikasi hubungan antara jumlah SPT dengan potensi likuifaksi, mengetahui hubungan tinggi magnitudo gempa yang berbeda terhadap potensi likuifaksi, dan mengetahui pengaruh perbedaan material terhadap potensi likuifaksi pada lokasi penelitian.

Penelitian ini menggunakan data primer, yaitu data yang langsung diambil dari lapangan berupa nilai SPT serta sampel inti bor dianalisa fisika di laboratorium dan data sekunder berupa percepatan gempa dasar permukaan (PGA) serta data pendukung geologi lainnya yang berkaitan dengan daerah penelitian. Data-data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai CRR dan CSR sehingga menghasilkan nilai FK untuk menentukan potensi likuifaksi daerah penelitian.

Lokasi penelitian memiliki nilai faktor keamanan di atas nilai 1 dengan kekuatan gempa 5M-7,5M sehingga dianggap tidak akan terjadi likuifaksi pada gempa dengan kekuatan tersebut. Perbandingan antara potensi terjadinya likuifaksi dengan tinggi nilai SPT adalah berbanding terbalik, yaitu semakin tinggi nilai SPT maka semakin rendah potensi terjadinya likuifaksi dan semakin tinggi kekuatan gempa, maka nilai dari faktor keamanan semakin kecil sehingga potensi terjadinya likuifaksi semakin tinggi. Selain itu, material yang dijumpai sangat berpengaruh terhadap tinggi nilai faktor keamanan. Pada lokasi penelitian, titik BH-01 dengan material yang lebih padat dan berukuran butir lempung hingga kerakal memiliki nilai faktor keamanan yang lebih tinggi dibandingkan titik BH-02 yang memiliki material yang lebih halus dan kurang padat.

Kata Kunci : Likuifaksi, SPT, CRR, CSR, FK

ABSTRACT

DIDI PRASETIA. ANALYSIS OF LIQUEFACTION POTENTIAL USING STANDARD PENETRATION TEST VALUES IN ANDUONOHU, POASIA DISTRICT, KENDARI REGENCY, SOUTHEAST SULAWESI PROVINCE, supervised by Rohaya Langkoke and Busthan Azikin

The research area is located in Anduonohu, Poasia District, Kendari Regency, Southeast Sulawesi Province, precisely at the coordinates 122°32'16"E - 122°32'17.30"E and 4°0'41.30"S - 4°0'43.30"S.

Study area has geological condition of sandy and water-saturated soil and there are active faults around the research area causes theoretically has potential for liquefaction. The purpose of this research is to identify liquefaction potential, identify the relationship between the total of SPT with liquefaction potential, determine the relationship of different earthquake magnitudes with liquefaction potential, and determine the impact of different materials with liquefaction potential at the research area.

This research uses primary data, which is data directly taken from the field as the SPT value and drill core samples analyzed physically in the laboratory and secondary data, which is the surface peak ground acceleration (PGA) data and other support geological data related to the research area. These data are then used to determine the CRR and CSR values, resulting in an factor of safety (FS) value to determine the liquefaction potential of the research area.

The research area has a factor of safety value above 1 with an earthquake magnitude of 5M-7,5M, so it is considered that liquefaction will not occur during an earthquake with this magnitude. The comparison between the potential for liquefaction and the SPT value is inversely proportional, meaning that the higher the SPT value, the lower the potential for liquefaction and the greater the earthquake magnitude, the smaller the factor of safety value and thus the greater the potential for liquefaction. Additionally, the material encountered greatly influences the value of the factor of safety. At the research location, site BH-01 with denser material and clay to skeletal grain size has a greater factor of safety value than site BH-02 which has finer and less dense material.

Key Words : Liquefaction, SPT, CRR, CSR, FS

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| Sampul | i |
| Lembar Pengesahan Skripsi | ii |
| Pernyataan Keaslian | iii |
| Kata Pengantar | iv |
| Abstrak | vi |
| Abstract | vii |
| Daftar Isi..... | viii |
| Daftar Gambar..... | x |
| Daftar Tabel | xi |
| Daftar Singkatan Dan Arti Simbol..... | xii |
| Daftar Lampiran | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 1 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Ruang Lingkup..... | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1 Geologi Regional..... | 3 |
| 2.1.1 Geomorfologi Regional..... | 4 |
| 2.1.2 Stratigrafi Regional | 4 |
| 2.1.3 Struktur Geologi Regional | 5 |
| 2.2 Likuifaksi | 5 |
| 2.3 Gempa Bumi | 11 |
| 2.4 Percepatan Tanah Maksimum | 13 |
| 2.5 <i>Standard Penetration Test (SPT)</i> | 14 |
| 2.6 Perhitungan Potensi Likuifaksi | 14 |
| 2.6.1 Faktor Keamanan (FK)..... | 15 |
| 2.6.2 <i>Cyclic Stress Ratio (CSR)</i> | 16 |
| 2.6.3 <i>Cyclic Resistance Ratio (CRR)</i> | 18 |
| 2.6.4 <i>Magnitude Scaling Factors (MSF)</i> | 19 |
| 2.7 Kerangka Geologi | 20 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Metode Penelitian..... | 22 |
| 3.3 Tahapan Penelitian | 23 |
| 3.3.1 Persiapan | 23 |
| 3.3.2 Pengambilan Data | 23 |
| 3.3.3 Analisis Laboratorium..... | 25 |
| 3.3.4 Pengolahan Data..... | 25 |
| 3.3.5 Penyusunan Laporan | 26 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 4.1 Lokasi Titik Pengeboran | 28 |
| 4.2 Hasil Pengeboran..... | 28 |
| 4.2.1 Stratigrafi | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2 Nilai <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)..... | 33 |
| 4.2.3 Analisis Laboratorium | 36 |
| 4.3 Nilai Percepatan Tanah Maksimum | 37 |
| 4.4 Perhitungan Nilai CSR | 37 |
| 4.5 Perhitungan Nilai CRR..... | 38 |
| 4.6 Perhitungan Nilai FK | 40 |
| 4.7 Perbandingan Kondisi Potensi Likuifaksi | 43 |
| 4.8 Pengaruh Material Terhadap FK | 47 |
| BAB V PENUTUP..... | 51 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 51 |
| 5.2 Saran..... | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Peta geologi regional Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak, dkk., 1993)..... | 3 |
| Gambar 2. Proses terjadinya likuifaksi (Cragin, 2020) | 6 |
| Gambar 3. Ilustrasi terjadinya likuifaksi (Encyclopedia, 2001)..... | 7 |
| Gambar 4. Tipe perpindahan lateral akibat likuifaksi (Seed and Idriss, 1971) ... | 7 |
| Gambar 5. Tipe penurunan akibat likuifaksi (Seed and Idriss, 1971)..... | 8 |
| Gambar 6. Sebaran zona kerentanan likuifaksi daerah Sulawesi Tenggara | 10 |
| Gambar 7. Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (Bock, 2003) | 12 |
| Gambar 8. Peta seismologi daerah Provinsi Sulawesi Tenggara (Bappenas, 2021)..... | 13 |
| Gambar 9. Tahapan pengambilan data SPT (ASTM D 1586)..... | 14 |
| Gambar 10. Peta tektonik Sulawesi (Dimodifikasi oleh Penulis dari White <i>et al.</i> , 2014) | 21 |
| Gambar 11. Peta tunjuk lokasi daerah penelitian | 22 |
| Gambar 12. Kegiatan pengeboran dan pengambilan nilai SPT | 24 |
| Gambar 13. Sampel SPT pada <i>split barrel</i> | 24 |
| Gambar 14. Diagram alir metodologi penelitian | 27 |
| Gambar 15. Peta sebaran titik pengeboran | 28 |
| Gambar 16. <i>Log Bor</i> BH-01 | 29 |
| Gambar 17. <i>Log Bor</i> BH-01 | 30 |
| Gambar 18. Korelasi <i>Log Bor</i> BH-01 dan BH-02 serta titik pengambilan SPT ... | 31 |
| Gambar 19. Kenampakan material pasir pada <i>core box</i> 2 titik BH-01..... | 32 |
| Gambar 20. Kenampakan material lanau pada <i>core box</i> 3 titik BH-01..... | 32 |
| Gambar 21. Kenampakan material lempung pada <i>core box</i> 5 titik BH-02 | 32 |
| Gambar 22. Kenampakan material kerikil pada <i>core box</i> 2 titik BH-01 | 33 |
| Gambar 23. Kenampakan material kerakal pada <i>core box</i> 1 titik BH-01..... | 33 |
| Gambar 24. Grafik SPT <i>Log Bor</i> BH-01 dan BH-02 | 35 |
| Gambar 25. Peta zonasi gempa Indonesia (SNI 1726, 2019)..... | 37 |
| Gambar 26. Grafik pengaruh FC terhadap CSR (Youd, 2001) | 39 |
| Gambar 27. Grafik perbandingan FK dengan kedalaman pada titik BH-01 dan BH-02 | 42 |
| Gambar 28. Kenampakan daerah Balaroa, Kota Palu setelah terjadi likuifaksi (<i>Google Earth</i> , 2018) | 44 |
| Gambar 29. Peta sebaran titik pengeboran (Jalil dkk, 2021) | 45 |
| Gambar 30. Grafik SPT BH-06 Daerah Balaroa, Kota Palu (Jalil dkk, 2021 dimodifikasi oleh penulis)..... | 46 |
| Gambar 31. Hasil Analisa potensi likuifaksi pada titik BH-06 daerah Balaroa oleh Jalil, dkk (2021)..... | 47 |
| Gambar 32. Korelasi antara material dengan FK pada titik BH-01 dan BH-02.... | 48 |
| Gambar 33. Kenampakan material hasil pengeboran titik BH-01 pada kedalaman 5-15m..... | 49 |
| Gambar 34. Kenampakan material hasil pengeboran titik BH-02 pada kedalaman 5-15m..... | 49 |
| Gambar 35. Kenampakan material lempung hasil pengeboran titik BH-01 (A) dan BH-02 (B) pada kedalaman 20-25m..... | 50 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Persamaan dan data dalam perhitungan potensi likuifaksi | 15 |
| Tabel 2. Data dan sumber data yang dibutuhkan | 15 |
| Tabel 3. Nilai parameter koreksi SPT | 18 |
| Tabel 4. Titik koordinat pengeboran..... | 28 |
| Tabel 5. Nilai SPT pada tiap interval kedalaman 2m pada <i>Log Bor</i> BH-01 dan BH-02..... | 34 |
| Tabel 6. Hasil analisis laboratorium UDS pada tiap titik pengeboran..... | 36 |
| Tabel 7. Nilai faktor keamanan pada tiap kedalaman | 41 |
| Tabel 8. Perbandingan nilai FK pada SPT 20, 15,10, dan 5 pada kekuatan gempa 7,5M | 43 |
| Tabel 9. Perbandingan karakteristik daerah Palu dan daerah penelitian..... | 44 |
| Tabel 10. Perbandingan Daerah Balaroa dengan Anduonohu | 47 |

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan |
|-------------------|---|
| $(N1)_{60}$ | <i>Standard Penetration Test</i> Terkoreksi |
| $(N1)_{60cs}$ | <i>Standard Penetration Test</i> Terkoreksi <i>Fines Content</i> |
| a_{max} | Percepatan gempa maksimum |
| BH | <i>Bore Hole</i> |
| C_N | Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan <i>overburden</i> |
| C_E | Faktor koreksi rasio <i>energy hammer</i> |
| C_R | Faktor koreksi panjang bentang |
| C_B | Faktor koreksi diameter lubang bor |
| C_S | Faktor koreksi sampel |
| CSR | <i>Cyclic Stress Ratio</i> |
| CRR | <i>Cyclic Resistance Ratio</i> |
| FC | <i>Fines Content</i> |
| FK | Faktor Keamanan |
| g | Gravitasi |
| H | Tebal lapisan tanah |
| kg | Kilo Gram |
| kN | Kilo Newton |
| M | Magnitudo |
| m | Meter |
| mdpl | Meter di Atas Permukaan Laut |
| mm | Milimeter |
| MSF | <i>Magnitude Scaling Factors</i> |
| M_w | <i>Magnitude Wave</i> |
| N_m | Nilai <i>Standard Penetration Test</i> yang diperoleh dari hasil uji lapangan |
| PGA | <i>Peak Ground Acceleration</i> |
| Qa | <i>Quarternary Alluvium</i> |
| Ql | <i>Quarternary Late</i> Buara |
| Qpa | <i>Quarternary Post</i> Alangga |
| r_d | Faktor reduksi |
| SPT | <i>Standard Penetration Test</i> |
| Tmpb | <i>Tertiary Miocene Post</i> Boepinang |
| TRJm | <i>Tertiary Jurassic</i> Meluhu |
| UDS | <i>Undisturbed Sample</i> |
| z | Kedalaman yang dihitung |
| τ_{cyc} | Tegangan siklik |
| σ_v | Tegangan vertikal |
| σ'_v | Tegangan vertikal efektif |
| μ | Tegangan air pori |
| γ_{sat} | Berat volume tanah jenuh |
| γ_w | Berat volume air |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| 1. Tabel 1. Foto <i>core box</i> titik BH-01 | 55 |
| 2. Tabel 2. Foto <i>core box</i> titik BH-02 | 56 |
| 3. Tabel 3. Hasil perhitungan nilai CSR dan CRR7,5 titik BH-01..... | 58 |
| 4. Tabel 4. Hasil perhitungan nilai CSR dan CRR7,5 titik BH-02..... | 59 |
| 5. Tabel 5. Hasil perhitungan nilai CRR dan FK titik BH-01 | 60 |
| 6. Tabel 6. Hasil perhitungan nilai CRR dan FK titik BH-02..... | 61 |
| 7. Analisis Potensi Likuiditas Pada Daerah Anduonohu, Kota Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara | |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak wilayah dengan risiko tinggi terhadap bencana alam, salah satunya adalah gempa bumi. Hal ini terjadi karena Indonesia terletak di antara lempeng Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Salah satu dampak yang dapat diakibatkan oleh gempa bumi adalah fenomena pencairan tanah akibat getaran dari gempa bumi kuat pada kondisi tanah berbutir dan jenuh air yang disebut sebagai likuifaksi.

Likuifaksi atau pencairan tanah merupakan suatu fenomena tanah yang kehilangan kekuatan diakibatkan oleh adanya getaran atau gesekan sehingga tekanan air meningkat dan melemahkan daya ikat atau daya dukung tanah. Dalam menentukan potensi likuifaksi suatu daerah dapat menggunakan perhitungan faktor keamanan. Faktor keamanan tersebut ditentukan dengan membandingkan daya tahan tanah terhadap tegangan siklus yang terjadi seperti akibat gempa.

Daerah Kota Kendari, khususnya daerah Anduonohu memiliki kondisi geologi tanah berpasir dan jenuh air serta dengan adanya sesar aktif di sekitar wilayah tersebut menyebabkan secara teori memiliki potensi terjadinya likuifaksi. Dengan adanya potensi tersebut dirasa perlu dilakukan penelitian terkait potensi tersebut sebagai bentuk mitigasi dan membantu dalam pembuatan perencanaan pembangunan yang lebih baik kedepannya. Maka dari itu, penulis membuat satu penelitian yang berjudul “ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI MENGGUNAKAN NILAI *STANDARD PENETRATION TEST* DAERAH ANDUONOHU, KECAMATAN POASIA, KABUPATEN KENDARI, PROVINSI SULAWESI TENGGARA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi terjadinya likuifaksi pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana hubungan SPT dengan potensi likuifaksi pada lokasi penelitian?

3. Bagaimana hubungan tinggi magnitudo gempa berbeda dengan potensi likuifaksi pada lokasi penelitian?
4. Bagaimana pengaruh perbedaan material terhadap potensi likuifaksi pada lokasi penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi di lokasi penelitian.
2. Untuk mengidentifikasi hubungan antara SPT dengan potensi likuifaksi pada lokasi penelitian.
3. Untuk mengetahui hubungan tinggi magnitudo gempa yang berbeda terhadap potensi likuifaksi pada lokasi penelitian.
4. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan material terhadap potensi likuifaksi pada lokasi penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan gambaran kondisi keadaan lokasi penelitian terhadap potensi terjadinya likuifaksi.
2. Menambah pengetahuan mengenai penyebab terjadinya likuifaksi.
3. Sebagai bahan pertimbangan dalam kegiatan perencanaan bangunan sipil.

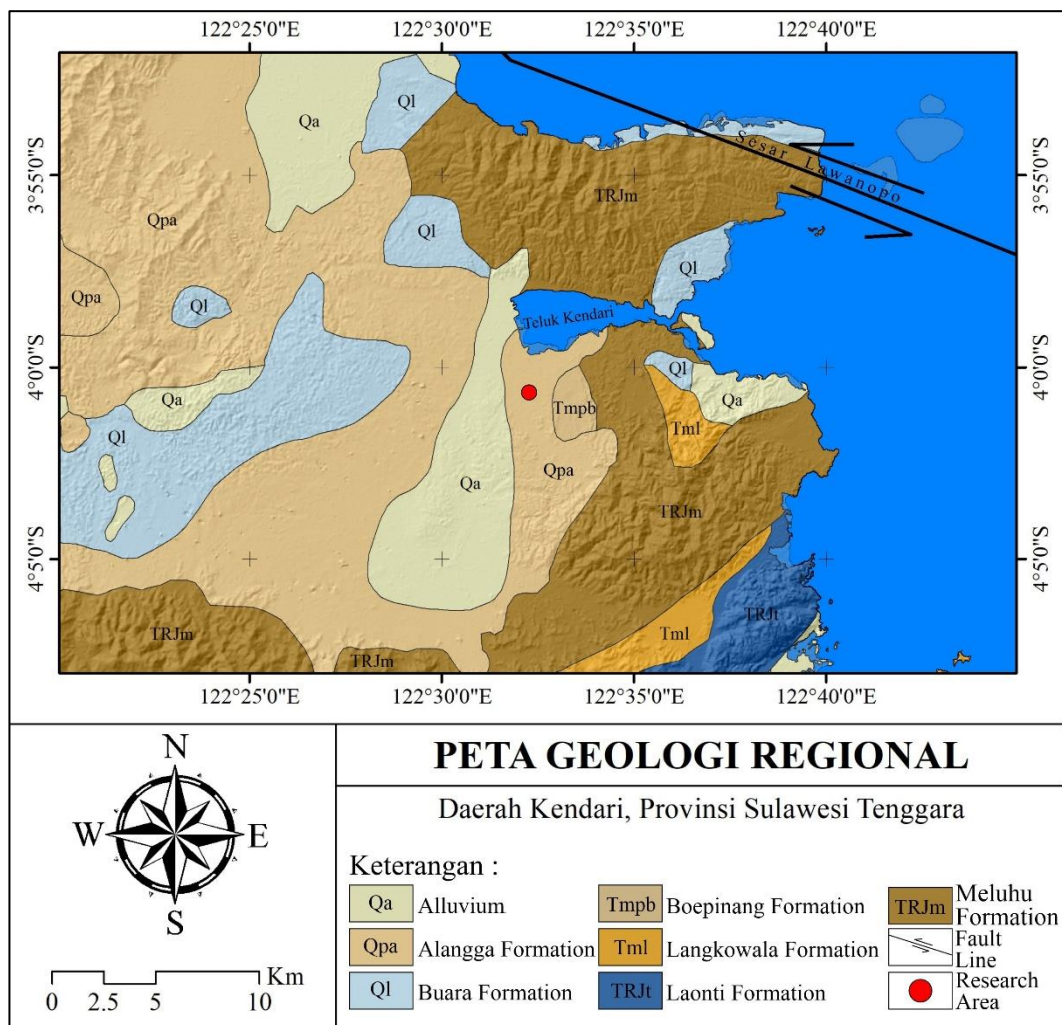
1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini difokuskan pada sampel tanah dan analisis daya dukung tanah menggunakan data SPT dengan melakukan pemetaan khusus pada daerah penelitian dan analisa laboratorium.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai geomorfologi stratigrafi, dan struktur geologi regional. Pembahasan tersebut berdasarkan Simandjuntak, dkk. (1993) yang melakukan pemetaan geologi Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara dengan skala 1:250.000.



Gambar 1. Peta geologi regional Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak, dkk., 1993)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Lengan Tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian, yaitu ujung utara, bagian tengah, dan ujung selatan. Lembar Kolaka menempati bagian tengah dan menempati bagian tengah dan ujung selatan dari ujung selatan dari lengan tenggara Sulawesi. Ada lima satuan morfologi pada bagian tengah dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi, yaitu morfologi pegunungan, morfologi perbukitan tinggi, morfologi perbukitan rendah, morfologi pedataran, dan morfologi kars.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologi lembar Kolaka (Simandjuntak, dkk., 1993), terdapat beberapa formasi batuan penyusun yang berada di sekitar lokasi penelitian yang diuraikan dari termuda sebagai berikut:

- a. Aluvium (Qa) terdiri atas lumpur, lempung, pasir kerikil dan kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa, dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah Holosen.
- b. Formasi Alangga (Qpa) terdiri atas konglomerat dan batupasir. Umur dari formasi ini adalah Plistosen dan lingkungan pengendapannya pada daerah darat-payau.
- c. Formasi Buara (Ql) terdiri atas terumbu koral, konglomerat, dan batupasir. Umur dari formasi ini adalah Plistosen-Holosen dan terendapkan pada lingkungan laut dangkal.
- d. Formasi Boepinang (Tmpb) terdiri atas lempung pasir, napal pasir, dan batupasir. Batuan ini berlapis dengan kemiringan perlapisan relatif kecil, yaitu kurang dari 15° yang dijumpai membentuk antiklin dengan sumbu antiklin berarah barat daya-timur laut. Umur formasi ini diperkirakan Pliosen dan terendapkan pada lingkungan laut dangkal (neritik).
- e. Formasi Meluhu (TRJm) terdiri atas batupasir kuarsa, serpih merah, batulanau, dan batulumpur di bagian bagian bawah. Selain itu, terdapat perselingan serpih hitam, batupasir, dan batugamping di bagian atas.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

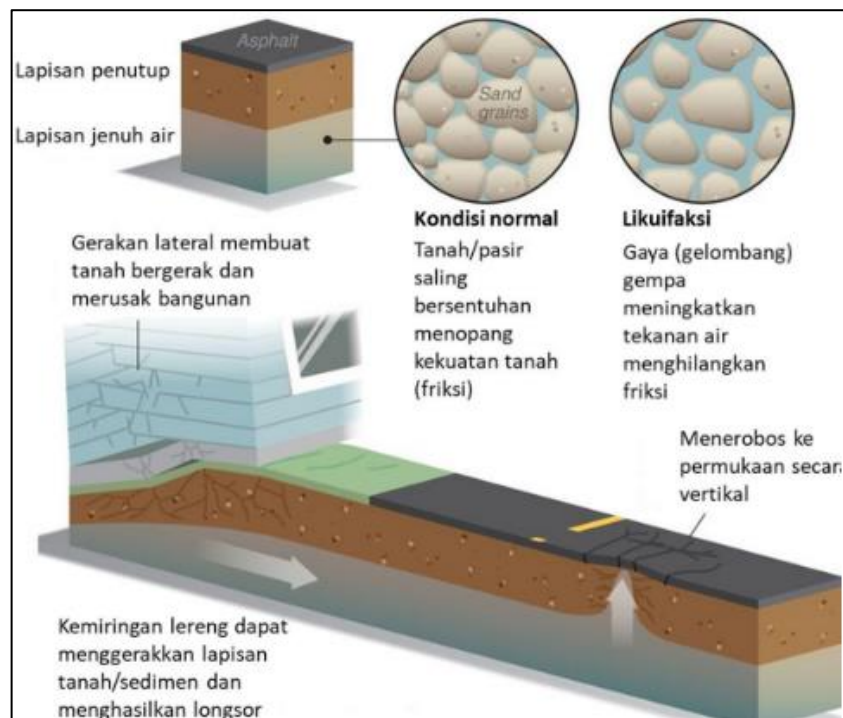
Struktur geologi yang terbentuk di daerah ini didominasi oleh sesar berarah relatif barat laut-tenggara yang merupakan pengaruh dari aktivitas sesar Palu-Koro dan pertumbuhan jalur tektonik Palu-Mekongga yang berhubungan dengan pembentukan pegunungan Verbeek. Berdasarkan sejarahnya daerah Sulawesi bagian tenggara merupakan wilayah yang terpisah dari Sulawesi bagian barat (bagian kerak benua Eurasia). Fase tektonik daerah Sulawesi bagian tenggara berawal dari pergerakan lempeng mikro Australia ke arah utara pada Zaman Jura yang membentuk subduksi dengan Sulawesi bagian barat. Pada akhir Oligosen lempeng mikro Australia ini bertubrukan dengan daratan Sulawesi Tenggara yang menyebabkan terjadinya perlipatan kuat dan patahan naik pada batuan Pra-Miosen di Pulau Buton.

2.2 Likuifaksi

Gempa bumi dapat menimbulkan efek sekunder (*secondary effect*) atau proses non tektonik di permukaan yang berhubungan langsung dengan gempa bumi. Salah satu dampak sekunder tersebut adalah fenomena pencairan tanah akibat beban siklik atau yang disebut dengan peristiwa likuifaksi. Pencairan umumnya terjadi di konsistensi tanah granular (*saturated*) yang lepas. Material sedimen yang bisa berpotensi mengalami likuifaksi ketika diberikan beban siklik adalah pasir halus (*sand*), pasir berlumpur (*silty sand*), dan pasir lepas (*loose sand*). Karena hanya terjadi pada tanah jenuh, likuifaksi biasanya terjadi di dekat sungai, teluk, atau badan air lainnya (Day, 2012).

Proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air akan menjadi cair karena adanya peningkatan tekanan air pada pori-pori hingga titik yang sama dengan tegangan total akibat beban siklik, sehingga tegangan efektif tanah akan berkurang menjadi nol. Hal ini menunjukkan bahwa likuifaksi merupakan fenomena ketika kekuatan dan kekakuan tanah yang tinggi hilang dalam waktu yang singkat. Saat gempa terjadi, gaya geser yang ditimbulkan menyebabkan pasir bereaksi sehingga menyebabkan tekanan air di pori-pori meningkat. Akibat getaran siklik ini, yang terjadi dalam waktu singkat, tanah kehilangan banyak

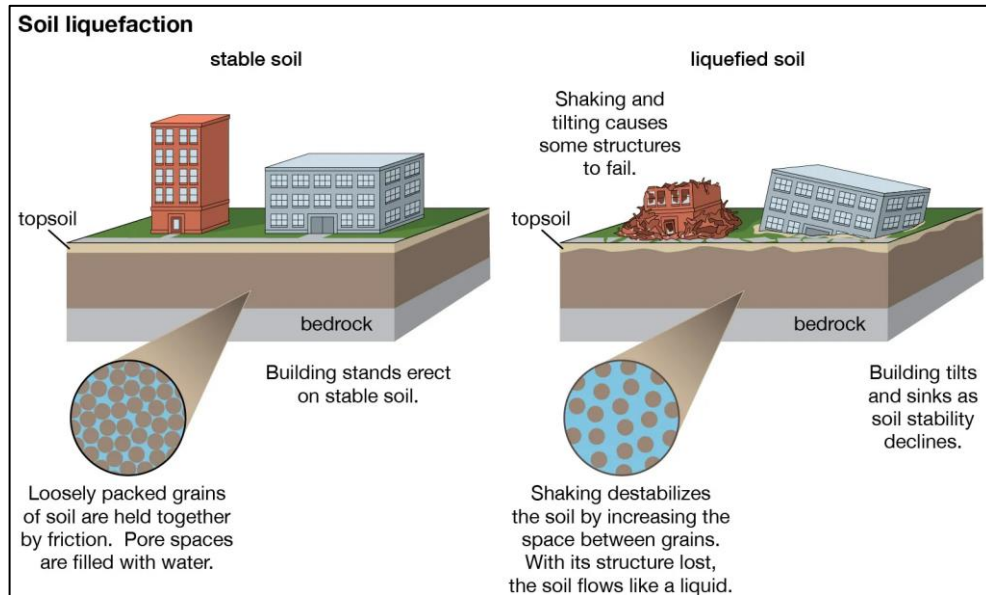
kekuatan atau kekakuan sehingga tidak mampu menopang struktur di atasnya dan mempertahankan stabilitasnya (Jefferies *and* Shuttle, 2011).



Gambar 2. Proses terjadinya likuifaksi (Cragin, 2020)

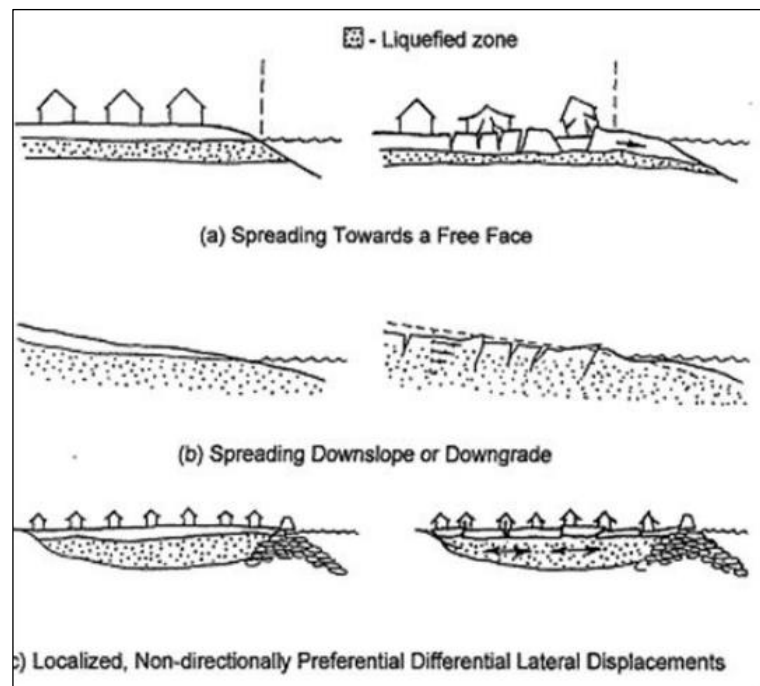
Endapan pasir atau endapan yang memiliki muka air tanah di bawah permukaan rentan terhadap likuifaksi. Pada saat gempa bumi, tegangan siklik yang disebabkan oleh perambatan gelombang geser menyebabkan pasir lepas bereaksi dan meningkatkan tekanan pada pori-pori. Akibat siklus gelombang yang terjadi begitu cepat, air dari tanah tidak bisa keluar. Meningkatnya tekanan pori-pori tersebut menyebabkan air mengalir ke permukaan berupa aliran lumpur atau pasir. Tekanan air pori meningkat karena tanah yang bergerak menyebabkan air mengalir ke atas dan mengubah pasir dari fase padat menjadi cair yang disebut likuifaksi (Day, 2012).

Pasir dengan kepadatan sedang sampai lepas dan memiliki elevasi muka air tanah tinggi saat tidak ada getaran tanah akan stabil karena partikel pasir saling mengunci (*interlocking*). Saat gempa terjadi, volume tanah cenderung menyusut, yang meningkatkan tekanan air di pori-pori, yang mengurangi kekuatan geser efektif tanah. Pasir jenuh air akan mengisi ruang antar partikel sehingga kekuatan *interlocking* antar partikel hilang.

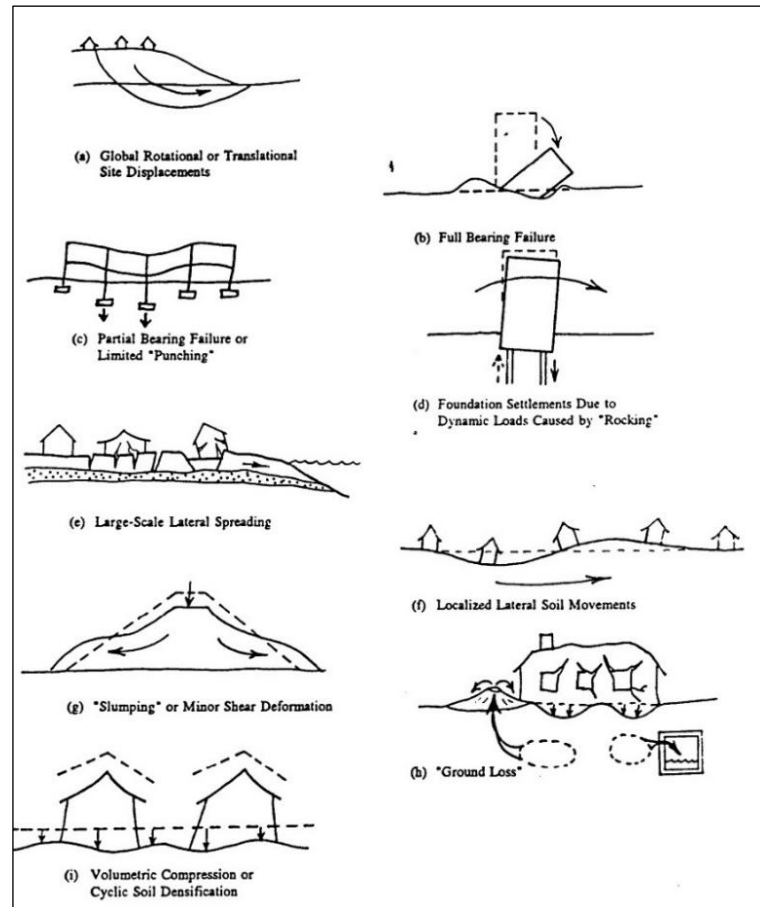


Gambar 3. Ilustrasi terjadinya likuifaksi (Encyclopedia, 2001)

Adapun efek likuifaksi pada bangunan konstruksi adalah penurunan dan perpindahan lateral tanah. Proses penurunan terdapat sembilan tipe, sedangkan perpindahan lateral memiliki tiga tipe (Seed, 2001).



Gambar 4. Tipe perpindahan lateral akibat likuifaksi (Seed and Idriss, 1971)



Gambar 5. Tipe penurunan akibat likuifaksi (Seed *and* Idriss, 1971)

Ada sejumlah faktor yang mengontrol proses likuifaksi tanah di lapangan. Menurut Day (2012), berdasarkan penelitian di laboratorium dan pengamatan likuifaksi di lapangan, faktor utama yang mengontrol likuifaksi adalah:

1. Intensitas dan Durasi Gempa Bumi

Likuifaksi bisa terjadi jika ada guncangan yang dihasilkan oleh gempa bumi. Karakter getaran tanah, seperti percepatan dan durasi guncangan, menentukan kuat geser yang memicu kontraksi partikel tanah dan berkembangnya tekanan air pori berlebih yang mengarah pada kondisi likuifaksi. Potensi likuifaksi semakin tinggi bila intensitas dan durasi gempa bumi semakin tinggi.

2. Umur Endapan Geologi

Rentang umur geologi endapan yang rentan terlikuifaksi mulai dari kurang dari 500 tahun, Holosen, Pleistosen, hingga Pre-Pleistosen. Selain distribusi sedimen tidak kohesif dalam endapan, sedimen harus berada pada situasi jenuh air (Youd, *et.al*, 1979).

3. Kondisi Muka Air Tanah

Terjadi pada lapisan endapan yang relatif dekat dengan permukaan atau kurang dari 10 meter pada situasi muka air tanah beberapa meter dari permukaan (Youd *and* Hoose, 1977).

4. Faktor Lain

Faktor lain yang berkontribusi mengontrol likuifaksi adalah tipe sedimen, densitas relatif endapan, gradasi ukuran butir, lingkungan pengendapan, kondisi disipasi, tekanan vertikal, penuaan dan sementasi endapan, sejarah pengendapan, dan beban bangunan. Tipe sedimen yang rentan terlikuifaksi memiliki gradasi yang seragam dan bentuk butir membulat, kondisi densitas sangat longgar (*very loose*), relatif diendapkan pada umur resen sehingga belum terjadi sementasi di antara partikel tanah, dan belum pernah mengalami beban seismik (Day, 2012).

Peta kerentanan likuifaksi Indonesia disusun dengan menganalisis daerah-daerah yang berada pada zona rawan gempabumi, dimana faktor kegempaan merupakan pemicu terjadinya likuifaksi. Oleh karena itu, metode penentuan sebaran zona kerentanan likuifaksi pada peta tersebut menggunakan faktor kegempaan dan faktor geologi seperti geomorfologi, jenis litologi (tanah/batuan) dan hidrologi.

Berdasarkan atlas zona kerentanan likuifaksi oleh Kementerian ESDM, Badan Geologi daerah penelitian termasuk ke dalam zona kerentanan sedang likuifaksi.

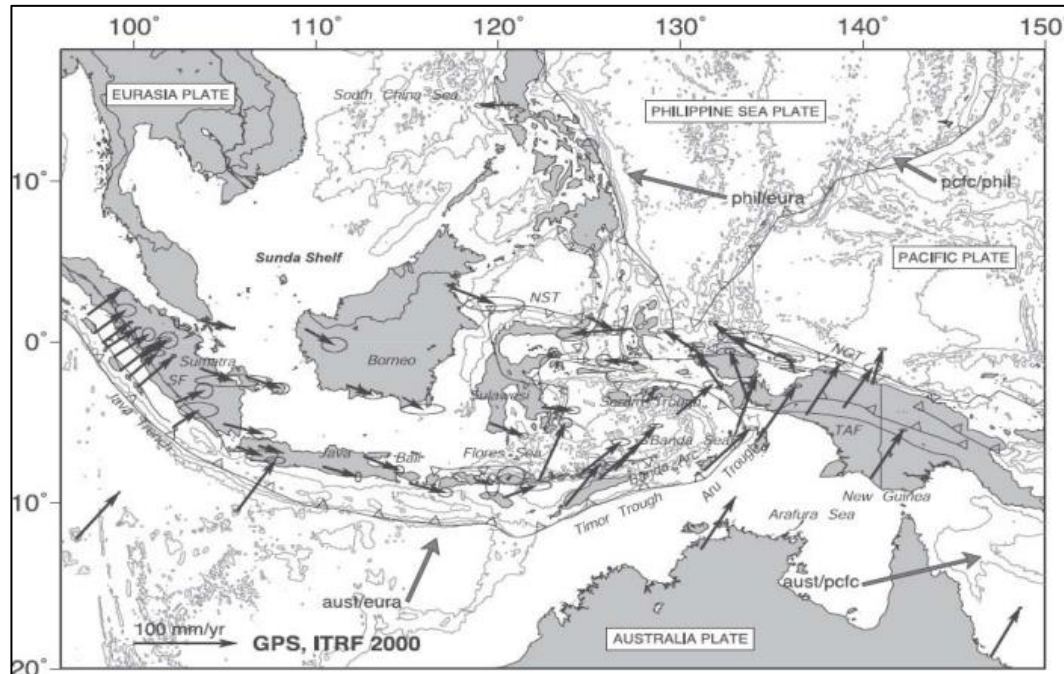
2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi (*earth quake*) adalah suatu gejala fisik yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Getaran gempa dapat disebabkan oleh banyak hal antara lain peristiwa vulkanik, yaitu getaran tanah yang disebabkan oleh aktivitas desakan magma ke permukaan bumi atau meletusnya gunung berapi. Getaran gempa dapat juga diakibatkan oleh peristiwa tektonik, yaitu getaran tanah yang disebabkan oleh gerakan atau benturan antara lempeng-lempeng tektonik yang terdapat di dalam lapisan permukaan bumi (Siswanto dan Salim, 2018).

Lapisan atas bumi yaitu litosfer, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut astenosfer. Lapisan ini selalu dalam keadaan tidak kaku karena panasnya, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang disebut aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfer padat dan terapung di atas astenosfer ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan suatu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*divergent*), saling mendekati (*konvergent*) dan saling geser (*transform*) (Widodo, 2012).

Umumnya gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15 cm pertahun. Kadang-kadang gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi 12 yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempabumi (Thomson, 2006).

Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks (Bird, 2003). Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi (Milson, *et.al.*, 1992).

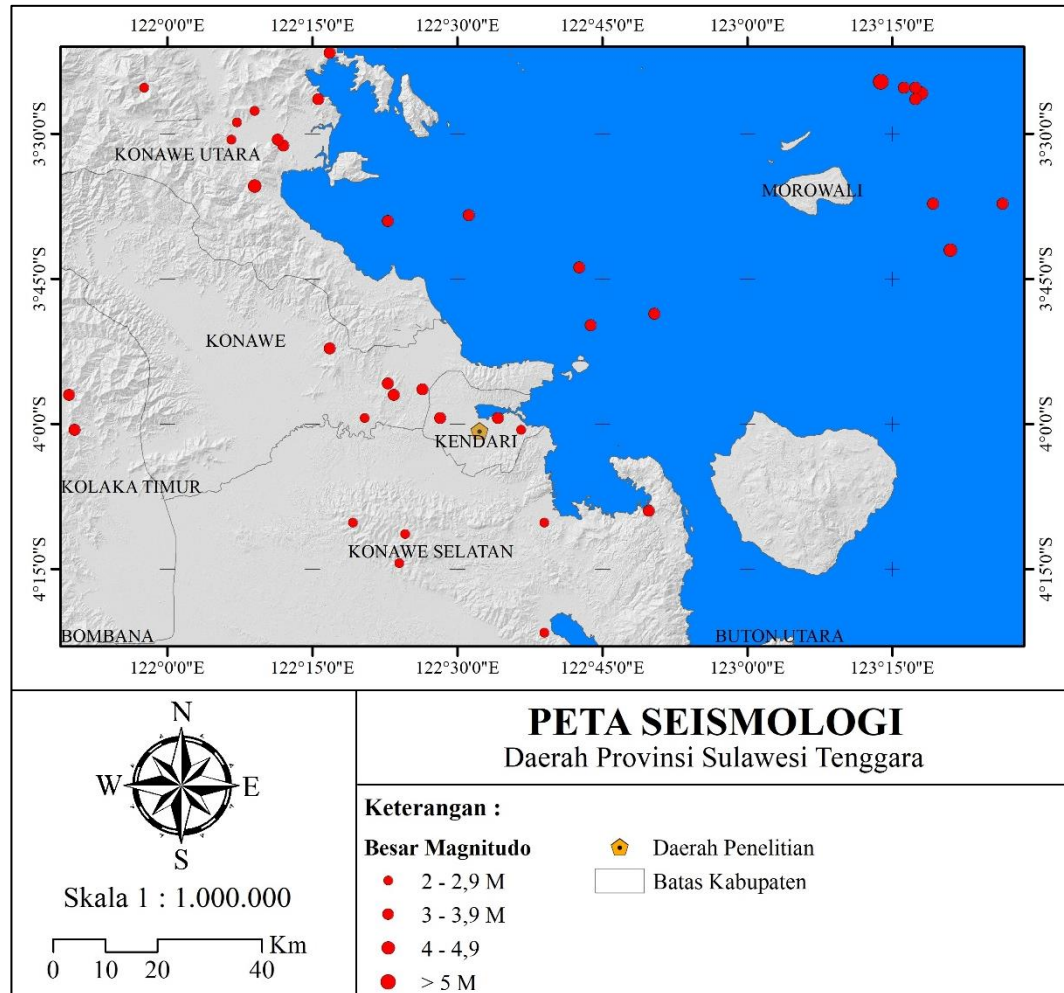


Gambar 7. Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (Bock, 2003)

Menurut Wang *and* Law (1994) akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi dapat dikategorikan menjadi dua golongan besar, yaitu akibat langsung (*direct effects*) dan akibat tidak langsung (*indirect effects*). Salah satu contoh akibat dari gempa bumi adalah bencana likuifaksi.

Likuifaksi sering terjadi sebagai akibat dari peristiwa gempa bumi. Gempa bumi akan menimbulkan gerakan siklik dan hal ini akan menaikkan tegangan air pori pada tanah pasir yang jenuh air. Tegangan air pori akan meningkat sampai batas tertentu sehingga dapat memisahkan kontak antara butir-butir pasir. Akibat yang ditimbulkan adalah hilangnya tekanan antar butir, padahal tekanan antar butir ini sangat diperlukan dalam rangka menimbulkan tegangan geser. Apabila tegangan geser antar butir menjadi minimum atau nol, maka kekuatan tanah pasir akan hilang. Kondisi tersebut adalah kondisi likuifaksi (Widodo, 2012).

Pada daerah Provinsi Sulawesi Tenggara pada beberapa tahun terakhir tercatat mengalami gempa bumi yang tidak sedikit. Nilai kekuatan gempa beragam, berkisar antara 1,3 M - 5,5 M. (Bappenas, 2021)



Gambar 8. Peta seismologi daerah Provinsi Sulawesi Tenggara (Bappenas, 2021)

2.4 Percepatan Tanah Maksimum

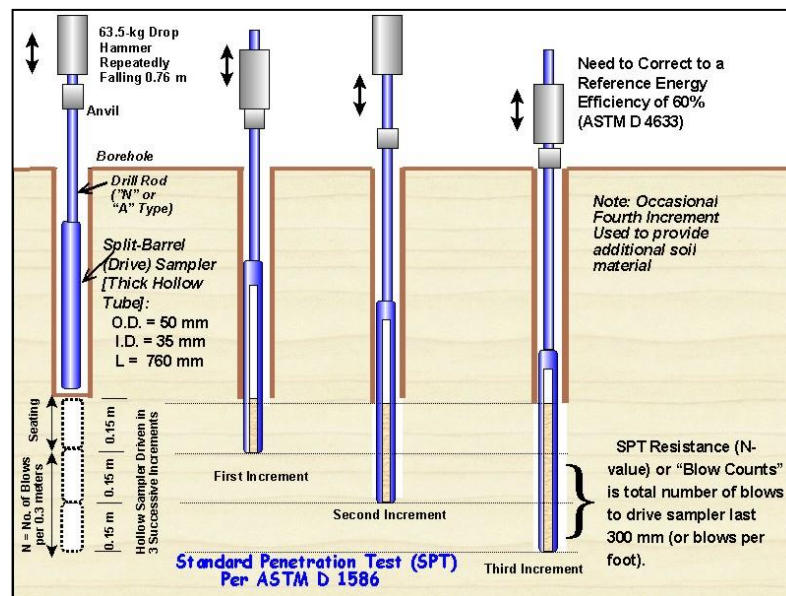
Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah terbesar pada permukaan yang pernah terjadi di suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa bumi (Massinai, *et.al.*, 2016).

Perhitungan PGA untuk wilayah Indonesia dapat menggunakan data dari literatur yang sudah ada diantaranya adalah dari Peta Zona Gempa Indonesia (SNI-1726, 2019). Nilai PGA ini dihasilkan dari data historis gempa yang cukup panjang di suatu lokasi. Salah satu survei yang dapat dilakukan untuk mendapatkan nilai PGA adalah dengan melakukan survei *microtremor*.

2.5 Standard Penetration Test (SPT)

Menurut SNI 4153:2008 SPT adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai kedudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT.



Gambar 9. Tahapan pengambilan data SPT (ASTM D 1586)

2.6 Perhitungan Potensi Likuifaksi

Seed dan Idriss (1971) mengusulkan metode umum untuk mengevaluasi potensi likuifaksi. Langkah-langkah dalam mengevaluasi potensi likuifaksi adalah dengan menentukan jenis tanah, kedalaman muka air tanah, *Cyclic Stress Ratio* (CSR), *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), dan Faktor Keamanan (FK).

Pada dasarnya untuk menganalisa potensi likuifaksi terdapat dua parameter utama yaitu CSR, yang merupakan ratio dari tegangan tanah akibat beban siklik

dan CRR, yang merupakan ratio ketahanan terhadap beban siklik atau ketahanan menahan terjadinya likuifaksi. Faktor keamanan (FK) yang digunakan tidak diperbolehkan kurang dari satu, karena jika kurang dari satu maka tanah akan mengalami likuifaksi.

Adapun persamaan yang digunakan serta data yang dibutuhkan dalam perhitungan potensi terjadinya likuifaksi pada suatu daerah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Persamaan dan data dalam perhitungan potensi likuifaksi

| No | Persamaan | Jenis Data Yang Dibutuhkan | |
|----|--|--|---------------------------------|
| | | Primer | Sekunder |
| 1 | Faktor Keamanan (FK) $FK = \frac{CRR}{CSR}$ | - | - |
| 2 | <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR) $CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot rd$ | 1. rd 2. σ_v 3. σ'_v | 1. 0,65 2. a_{max} 3. g |
| 3 | <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR) $CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10(N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200}$ | $(N1)_{60cs}$ | - |

Tabel 2. Data dan sumber data yang dibutuhkan

| No | Simbol | Data | Sumber Data yang Dibutuhkan |
|----|----------------------|---------------------------------|---|
| 1 | 0,65 | Nilai Ketetapan | Nilai representatif persentasi dari percepatan gempa yang bekerja |
| 2 | a_{max} | Percepatan maksimal tanah (PGA) | Pusat Studi Gempa Nasional |
| 3 | g | Gravitasi | Nilai gravitasi bumi |
| 4 | σ_v | Tegangan tanah vertikal | Hasil laboratorium UDS |
| 5 | σ'_v | Tegangan tanah vertikal efektif | Hasil laboratorium UDS |
| 6 | rd | Faktor reduksi | Perhitungan faktor reduksi sesuai kedalaman |
| 7 | μ | Tegangan air pori | Hasil laboratorium UDS |
| 8 | $(N1)_{60}$ | Nilai SPT terkoreksi lapangan | Nilai SPT lapangan |
| 9 | α dan β | Nilai alpha dan beta | Persentase ukuran butir UDS |
| 10 | $(N1)_{60cs}$ | Nilai SPT lapangan terkoreksi | Nilai SPT terkoreksi lapangan dan hasil laboratorium UDS |

2.6.1 Faktor Keamanan (FK)

Faktor keamanan merupakan perbandingan dari nilai CSR dan CRR seperti ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$FK = \frac{CRR}{CSR} \quad (1)$$

dimana,

Jika $FK < 1$, Terjadi Likuifaksi

Jika $FK = 1$, Kondisi Kritis

Jika $FK > 1$, Tidak terjadi Likuifaksi

2.6.2 Cyclic Stress Ratio (CSR)

CSR adalah tegangan siklik (τ_{cyc}) yang terjadi akibat gempa dibagi dengan tegangan efektif.

$$CSR = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_v} \quad (2)$$

dimana,

τ_{cyc} = Tegangan siklik (kN/m^2)

σ'_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m^2)

Seed dan Idriss (1971) menyatakan bahwa tegangan siklik yang menyebabkan gempa dengan menggunakan nilai representatif (atau nilai seragam setara) sama dengan 65% dari percepatan gempa maksimum.

$$\tau_{cyc} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_v \quad (3)$$

dimana,

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

a_{max} = percepatan gempa maksimum (m/s^2)

σ_v = Tegangan vertikal (kN/m^2)

Karena kolom tanah berperilaku sebagai benda yang dapat berdeformasi, maka Seed dan Idriss (1971) memperhitungkan sebuah faktor reduksi kedalaman, sehingga persamaan (2) menjadi sebagai berikut.

$$\tau_{cyc} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \quad (4)$$

dimana,

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

a_{max} = percepatan gempa maksimum (m/s^2)

σ_v = Tegangan vertikal (kN/m^2)

r_d = Faktor reduksi

Nilai CSR dipengaruhi oleh nilai faktor reduksi. Semakin tinggi nilai faktor reduksi, maka semakin tinggi nilai CSR, sehingga potensi likuifaksi juga makin tinggi.

Berdasarkan persamaan (1) dan (3), maka nilai CSR dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d \quad (5)$$

dimana,

a_{\max} = Percepatan gempa maksimum (m/s^2)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

σ_v = Tegangan vertikal (kN/m^2)

σ'_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m^2)

r_d = Faktor reduksi

Adapun nilai dari tegangan efektif dapat dihitung dengan persamaan (6) berikut:

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu \quad (6)$$

dimana,

σ_v = Tegangan vertikal (kN/m^2)

μ = Tegangan air pori (kN/m^2)

Nilai tegangan vertikal dapat dihitung menggunakan persamaan (7) dan tegangan air pori menggunakan persamaan (8) sebagai berikut:

$$\sigma_v = \sum \gamma_{\text{sat}} \cdot H \quad (7)$$

$$\mu = \gamma_w \cdot H \quad (8)$$

dimana,

γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh (kN/m^3)

γ_w = Berat volume air (kN/m^3)

H = Jarak antara titik yang ditinjau dengan muka air tanah (m)

Nilai faktor reduksi bisa ditetapkan berdasarkan persamaan (9) berikut (Liao and Whitemann, 1986).

$$r_d = 1,00 - 0,00765z \quad \dots \quad z \leq 9,15m \quad (9a)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z \quad \dots \quad 9,15m \leq z \leq 23m \quad (9b)$$

$$r_d = 0,744 - 0,008z \quad \dots \quad 23m \leq z \leq 30m \quad (9c)$$

$$r_d = 0,5z \quad \dots \quad z \geq 30m \quad (9d)$$

dimana,

z = Kedalaman yang dihitung (m)

2.6.3 Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Nilai CRR dapat diperoleh melalui pengujian lapangan seperti SPT. Perhitungan nilai SPT yang terkoreksi dipengaruhi oleh *energy hammer*, detail sampel, ukuran lubang bor dan tekanan *overburden effective*. Untuk mendapatkan nilai SPT yang dikoreksi, digunakan persamaan (10) berikut.

$$(N1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_R \cdot C_B \cdot C_S \quad (10)$$

dimana,

C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan *overburden*

C_E = Faktor koreksi rasio *energy hammer* (ER)

C_R = Faktor koreksi panjang batang

C_B = Faktor koreksi diameter lubang bor

C_S = Faktor koreksi sampel

N_m = N-SPT yang diperoleh dari hasil uji lapangan

Tabel 3. Nilai parameter koreksi SPT

| FAKTOR | JENIS ALAT | PARAMETER | KOREKSI |
|---------------------------|---|-----------|------------------------------|
| Tegangan Vertikal Efektif | - | C_N | $2,2/(1,2 + (\sigma'_v/Pa))$ |
| Tegangan Vertikal Efektif | - | C_N | $C_N \leq 1,7$ |
| Rasio Tenaga | Palu Donat (<i>Donut Hammer</i>) | C_E | 0,5 s.d 1,0 |
| Rasio Tenaga | Palu Pengaman (<i>Safety Hammer</i>) | C_E | 0,7 s.d 1,2 |
| Rasio Tenaga | Palu Otomatik (<i>Automatic Hammer</i>) | C_E | 0,8 s.d 1,3 |
| Diameter Bor | 65 s.d 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 s.d 4 m | C_R | 0,8 |
| Panjang Batang | 4 s.d 6 m | C_R | 0,85 |
| Panjang Batang | 6 s.d 10 m | C_R | 0,95 |
| Panjang Batang | 10 s.d 30 m | C_R | 1,0 |
| Pengambilan Contoh | Tabung Standar | C_S | 1,0 |
| Pengambilan Contoh | Tabung dengan Pelapis (liner) | C_S | 1,1 s.d 1,3 |

Menurut Seed dan Idriss (1971) diperlukan faktor koreksi untuk menghitung tegangan *overburden* yang disebabkan oleh kenaikan nilai N-SPT (C_N) yang dihitung berdasarkan Persamaan (11) sebagai berikut:

$$C_N = \left(\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma'_v}{Pa}} \right) \quad (11)$$

dimana,

σ'_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m²)

Pa = Tekanan (1Pa = 1atm)

Nilai $(N1)_{60}$ yang diperoleh kemudian dikoreksi terhadap *finer content* (FC). Nilai $(N1)_{60}$ yang telah dikoreksi diberi tambahan huruf cs sehingga menjadi $(N1)_{60cs}$. Tentukan nilai FC kemudian hitung nilai $(N1)_{60cs}$ yang dipengaruhi oleh nilai FC itu sendiri (Youd *and* Idriss, 2001).

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N1)_{60} \quad (12)$$

dimana,

$(N1)_{60}$ = SPT Terkoreksi

Persentase FC mempengaruhi nilai α dan β , seperti di bawah ini.

$\alpha = 0, \beta = 1$, untuk $FC \leq 5\%$

$\alpha = \exp [1,76 - (190/FC^2)], \beta = [0,99 - (FC^{1.5}/1000)]$ untuk $5\% < FC < 35\%$

$\alpha = 5, \beta = 1,2$ untuk $FC \geq 35\%$

Korelasi nilai CRR dengan nilai SPT yang telah dikoreksi dan gempa bumi dengan magnitudo (M) = 7,5 dapat dihitung menggunakan Persamaan (13) sebagai berikut:

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10(N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (13)$$

dimana,

$(N1)_{60cs}$ = SPT Terkoreksi FC

2.6.4 Magnitude Scaling Factors (MSF)

Persamaan (13) yang diusulkan oleh Youd *and* Idriss (2001) berlaku untuk gempa bumi berkekuatan 7,5M. Semakin tinggi intensitas gempa, semakin lama durasi gerakan tanah. Oleh karena itu, semakin tinggi magnitudo, semakin tinggi jumlah siklik yang dihasilkan. Untuk beradaptasi dengan magnitudo yang lebih tinggi atau lebih rendah, Seed *et.al.*, memperkenalkan faktor skala MSF.

Berdasarkan hasil evaluasi oleh Seed dan Idriss, mereka mendapatkan nilai MSF untuk magnitudo lebih rendah dari 7,5 dan magnitudo lebih tinggi dari 7,5 yaitu sebagai berikut.

$$MSF = \left(\frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}}\right) \quad \text{Untuk } M_w < 7,5M \quad (14a)$$

$$MSF = \left(\frac{M_w}{7,5}\right)^{-2,56} \quad \text{Untuk } M_w > 7,5M \quad (14b)$$

dimana,

$M_w = \text{Magnitude Wave}$

Untuk menghitung CRR dengan besar magnitudo gempa selain 7,5M, diperlukan faktor koreksi yang disebut MSF. Seed (1985) memberikan persamaan, yaitu:

$$CRR_{M_w} = CRR_{7,5} \cdot MSF \cdot K_\sigma \cdot K_\alpha \quad (15)$$

Untuk nilai variabel K_σ & K_α dalam perhitungan biasanya hanya dalam kasus khusus sehingga dalam kasus ini, K_σ & K_α bernilai 1.

2.7 Kerangka Geologi

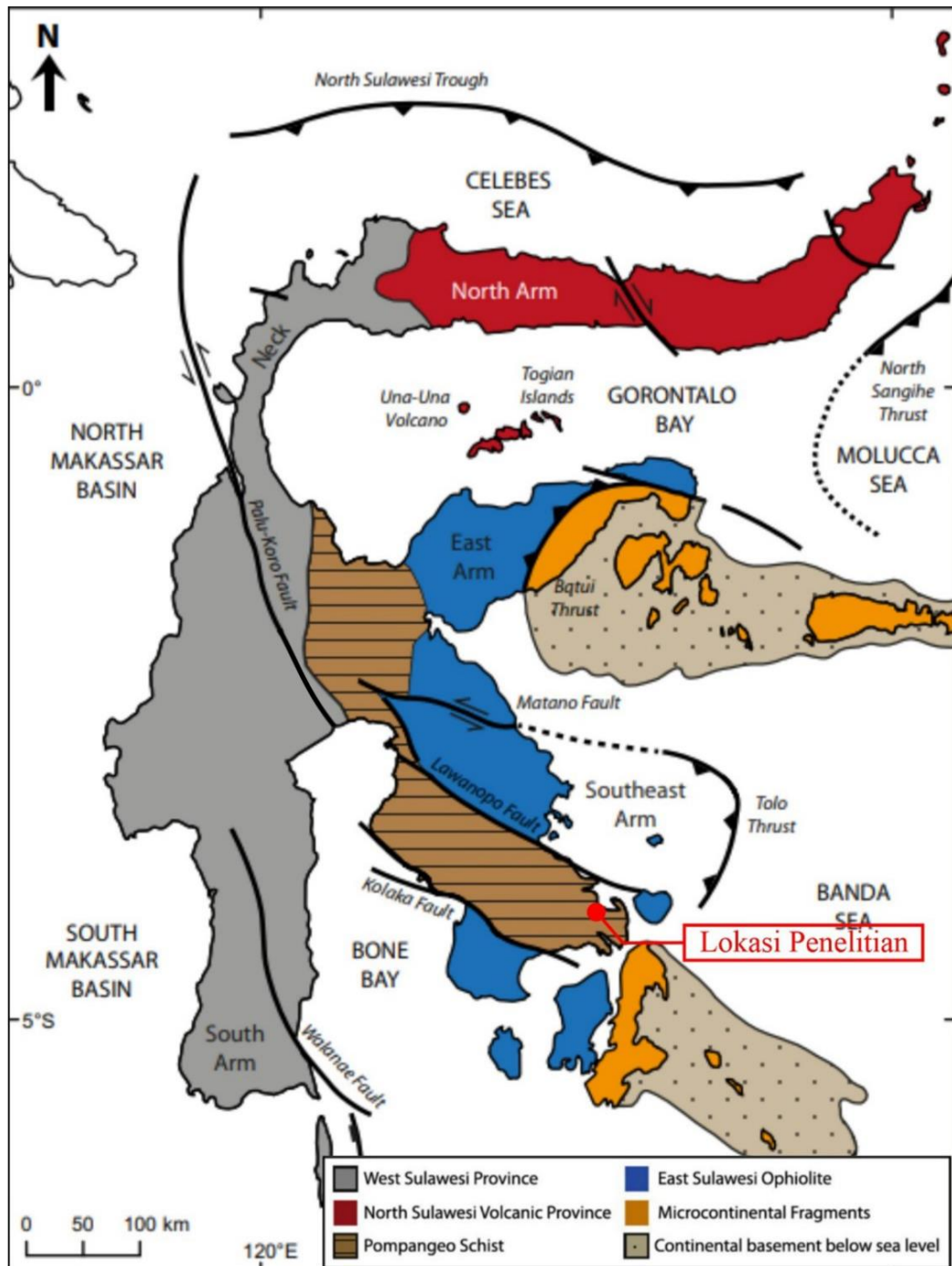
Pada daerah penelitian memiliki satu bentuk morfologi, yaitu satuan pedataran dengan ketinggian maksimal sekitar 25mdpl. Penyusun batuan dari daerah penelitian ini adalah lempung pasir, napal pasir, dan batupasir.

Penyusun stratigrafi dari daerah penelitian ini adalah Formasi Aluvium (Qa) yang terdiri atas lumpur, lempung, pasir kerikil dan kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa dan endapan pantai dengan umur Holosen.

Struktur geologi yang bekerja membentuk daerah ini berawal dari pergerakan lempeng mikro Australia kearah Utara pada zaman Jura yang membentuk Subduksi dengan Sulawesi bagian Barat. Pada akhir Oligosen lempeng mikro Australia ini bertubrukan dengan daratan Sulawesi Tenggara yang menyebabkan terjadinya perlipatan kuat dan patahan naik pada batuan Pra-miosen di Pulau Buton.

Kondisi hidrologi pada daerah penelitian memiliki muka air tanah 0 meter. Hal ini membuat jenis tanah termasuk tanah jenuh pada daerah ini. Selain itu, dengan formasi geologi yang dimiliki, daerah penelitian memiliki karakteristik material lepas (non kohesif).

Adapun sesar aktif yang paling dekat dengan daerah penelitian ini adalah sesar Lawanopo yang dapat menjadi penyebab utama terjadinya gempa pada daerah ini. Selain itu, terdapat juga sesar yang sesar Tolo dan sesar Kolaka yang berada di sekitar lokasi penelitian. Kondisi tektonik dari lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Peta tektonik Sulawesi (Dimodifikasi oleh Penulis dari White *et al.*, 2014)