

SKRIPSI

**TINGKAT KERUSAKAN MINERAL PADA DAERAH LIKUEFAKSI
PETOBO KOTA PALU PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

MUH. SAYYIDUS CAKRAWALA

D61116514



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**TINGKAT KERUSAKAN MINERAL PADA DAERAH LIKUEFAKSI
PETOBO KOTA PALU PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

**MUH. SAYYIDUS CAKRAWALA
D61116514**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 30 Desember 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS
NIP. 19601202 198811 1 001



Dr. Eng. Ir. Meutia Farida, S.T., M.T
NIP. 19731003 200012 2 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Asri Jaya H.S., S.T., M.T.
NIP. 19690924 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Sayyidus Cakrawala
NIM : D61116514
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Tingkat Kerusakan Mineral Pada Daerah Likuefaksi Petobo Kota Palu
Provinsi Sulawesi Tengah*

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

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

Makassar, 30 Desember 2020

Yang menyatakan



Muh. Sayyidus Cakrawala

KATA PENGANTAR

Bismillah, Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Tingkat Kerusakan Mineral Pada Daerah Likuefaksi Petobo Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah”**

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan, diantaranya :

1. Bapak Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS dan Ibu Dr. Eng. Ir. Meutia Farida, S.T., M.T Sebagai Dosen Pembimbing yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan.
2. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T dan Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. Sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan masukan dalam hasil laporan pada daerah penelitian demi perbaikan hasil laporan penulis kedepannya.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS, ST., MT Sebagai Kepala Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan.
5. Kepada Kedua Orangtua yang senantiasa mengiringi doa kepada penulis demi dapat menjadi orang yang membanggakan bagi keluarga.

6. Saudara Anggit Kurnia, Muh. Ihram Reyhan, Imam Noor Setiadi, Feby Anugrah, dan Bayu dalam hal ini telah membantu dalam pengambilan dan pengolahan data serta menjadi ruang diskusi dan penyemangat bagi penulis dalam penyusunan laporan pemetaan ini.
7. Semua rekan yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *BarakAllahu Fiikum*

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya Allah SWT yang maha sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan hasil kegiatan penelitian ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya berkah dan bernilai ibadah di sisi Allah SWT.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Makassar, 30 Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRACT	xiii
ABSTRAK	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah	4
1.6 Alat dan Bahan	5
1.7 Peneliti Terdahulu	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Geologi Palu	8
2.1.1 Karakteristik Geomorfologi Palu	8
2.1.2 Karakteristik Stratigrafi Palu	9
2.1.3 Karakteristik Struktur Geologi Palu	10
2.2 Kegempaan daerah Palu	11
2.3. Likuefaksi	14
2.4 Likuefaksi Kota Palu	16

2.5 Penurunan dan Perpindahan Lateral Akibat Likuefaksi	17
2.6 Likuefaksi Daerah Petobo	19
2.7 Resistensi dan Kestabilan Mineral	21
2.8 Kekerasan Mineral	23
2.9 Tingkat Kerusakan dan Daya Dukung Mineral	26

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Tahap Survei dan Penelitian Lapangan	28
3.3 Tahap Preparasi Sampel	30
3.4 Tahap Analisis Laboratorium	31
3.5 Tahap Penyusunan Laporan	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi dan Persentase Mineral	35
4.2 Luasan Mineral	40
4.3 Luasan Mineral Yang Rusak	44
4.4 Tingkat Kerusakan Mineral	48
4.5 Daya Dukung Mineral)	55

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Deskripsi Petrografi

Peta Stasiun

DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 2.1 Klasifikasi zona gempa dan magnitudo maksimumnya di Indonesia (Firmansyah, J., Irsyam, M, 1999).....	14
Tabel 2.2 Nilai penurunan dan perpindahan lateral tiap lokasi pengujian sondir (Widyaningrum dkk,2012)	20
Tabel 2.3 Representatif mineral pada tingkat pelapukan (Mitchell dan Saga 2005)	
Tabel 2.4 Skala kekerasan mineral baru yang dibandingkan dengan skala mohs, menggunakan hasil pengujian microhardness	25
Tabel 4.1 Komposisi dan persentase mineral pada zona likuefaksi Petobo...	36
Tabel 4.2 Komposisi dan persentase mineral pada zona non-likuefaksi Petobo	37
Tabel 4.3 Komposisi dan ciri optik mineral daerah penelitian.....	38
Tabel 4.4 Luasan mineral pada zona likufaksi daerah Petobo.....	41
Tabel 4.5 Luasan mineral pada zona non-likufaksi daerah Petobo	42
Tabel 4.6 Perbandingan selisih luasan masing-masing mineral pada zona likuefaksi dan non-likufaksi daerah Petobo	42
Tabel 4.7 Luasan mineral yang rusak pada zona likufaksi daerah Petobo.....	45
Tabel 4.8 Luasan mineral yang rusak pada zona non-likufaksi daerah Petobo	46
Tabel 4.9 Perbandingan selisih luasan mineral yang rusak pada zona likufaksi dan non likuefaksi daerah Petobo	46
Tabel 4.10 Persentase tingkat kerusakan mineral pada zona likuefaksi daerah Petobo	51

Tabel 4.11 Persentase Tingkat kerusakan mineral pada zona non-likufaksi daerah

Petobo	52
--------------	----

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian	5
Gambar 2.1 Peta geologi wilayah Palu dan sekitarnya (Soehaimi dkk., 2000)	8
Gambar 2.3 Patahan aktif Palu-Donggala-Sigi 28 september 2018 (USGS,2018)	12
Gambar 2.4 Peta zonasi gempa Indonesia.....	13
Gambar 2.5 Hubungan antara magnitudo gempa dengan jarak kritis kejadian likuefaksi di seluruh dunia dan Indonesia (Taufiq,2020).....	15
Gambar 2.6 Peta potensi likuefaksi palu dan sekitarnya (Badan Geologi, 2018)	
Gambar 2.7 Tipe penurunan akibat likuefaksi (Seed, 2001).....	18
Gambar 2.8 Tipe perpindahan lateral akibat likuefaksi	18
Gambar 2.9 (a) Pulau Sulawesi (b) Sulawesi Tengah yang menunjukkan patahan mengakibatkan gempa 28 september 2018, (c) Gambaran tentang likuefaksi yang dipicu gempa (area hitam) dilembah Palu, termasuk Balaroo di barat dan Petobo dan Sidera di timur (Watkinson dan Hall, 2019).....	19
Gambar 2.10 Peta zonasi bahaya likuefaksi daerah Palu dan Sekitarnya (Widyaningrum, 2012 dalam Dongeng Geologi, 2018).....	20
Gambar 2.11 Seri reaksi bowen dan hubungannya dengan kemudahan mineral untuk lapuk.....	22
Gambar 2.12 Derajat ketahanan mineral terhadap pelapukan (Goldich, 1938 dalam Mitchel dan Saga, 2005).....	24
Gambar 2.13 Grafik Perbedaan Kekerasan Vickers dibandingkan Skala Mohs dan Skala baru (Bezzerra dkk, 2010).....	25

Gambar 2.14	Klasifikasi Kerusakan Mineral (A) Kuarsa (Retak), (B) Hornblende (Getas), (C) Remuk (Umar,2016)	27
Gambar 2.15	Penggunaan prinsip segitiga <i>trinery</i> dalam analisis daya dukung mineral dengan klasifikasi tingkat kerusakan yaitu retak (<i>crack</i>), getas (<i>dike</i>), dan remuk(<i>shatter</i>) pada material sedimen berukuran pasir (Umar,2017).....	27
Gambar 3.1	Observasi lokasi terdampak likuefaksi pada Daerah Petobo..	29
Gambar 3.2	Pengambilan sampel material sedimen menggunakan metode <i>test pit</i>	29
Gambar 3.3	Persiapan pengayakan sampel menggunakan <i>mesh</i>	30
Gambar 3.4	Hasil penyortiran sampel, (O) adalah sampel yang akan dianalisa berukuran 0.5 mm	31
Gambar 3.5	Klasifikasi daya dukung mineral berdasarkan persebaran tingkat kerusakannya (Umar,2018)	32
Gambar 3.6	Diagram alir metode penelitian	33
Gambar 4.1	Grafik komposisi dan persentase mineral pada zona likuefaksi Petobo	36
Gambar 4.2	Grafik komposisi dan persentase jumlah mineral pada zona non-likuefaksi Petobo	37
Gambar 4.3	Pengukuran luasan mineral pada mineral plagioklas (A) dan hornblende (B).....	40
Gambar 4.4	Grafik selisih luasan mineral zona likuefaksi daerah Petobo	42
Gambar 4.5	Grafik selisih luasan mineral zona non-likuefaksi daerah Petobo	43
Gambar 4.6	Grafik selisih luasan mineral yang rusak zona likuefaksi daerah Petobo	47
Gambar 4.7	Grafik selisih luasan mineral yang rusak zona non-likuefaksi daerah Petobo	47

Gambar 4.8 Kerusakan mineral pada kondisi (A) retak pada kuarsa, (B) getas pada biotit, dan (C) remuk pada hornblende.....	50
Gambar 4.9 Grafik tingkat kerusakan mineral pada zona likuefaksi daerah Petobo	
Gambar 4.10 Grafik tingkat kerusakan mineral pada zona non-likuefaksi daerah Petobo	53
Gambar 4.12 Analisis daya dukung mineral pada daerah Petobo menggunakan metode segitiga trinary pada zona likuefaksi (A) dan zona non-likuefaksi (B)	56

ABSTRACT

An earthquake with a magnitude of 7.4 on September 28, 2018 in Central Sulawesi Province caused liquefaction in the Petobo area which resulted in a devastating impact which reduced the ability of land to be reused as a residential area. This study aims to determine the carrying capacity of minerals in the area affected by liquefaction and areas not affected by liquefaction in the Petobo area. The research method is the analysis of sand-sized sedimentary material by petrography with data in the form: mineral composition, mineral area, extent of mineral damage, and level of mineral damage which are divided into 3 categories (cracked, split and shattered) as parameters for mineral bearing capacity analysis. The results showed that the mineral composition consisted of quartz, biotite, plagioclase, orthoclase, hornblende and opaque minerals. There was a significant change in the area of minerals in the area affected by liquefaction. The percentage level of mineral damage in the liquefaction area was greater, reaching 40% compared to the areas not affected by liquefaction, with the greatest damage on average being experienced in less resistant minerals (biotite, plagioclase, orthoclase and hornblende) while more resistant minerals (quartz and opaque minerals) had lower percentage of damage. From the percentage of mineral damage and other parameters, the carrying capacity of minerals in the area affected by liquefaction is included in the category of low mineral carrying capacity and areas that are not affected by liquefaction have a high carrying capacity of minerals so that the liquefaction results in damage and changes in the area value of the minerals so that the carrying capacity of the minerals decreases.

Keywords: *Liquefaction, Minerals, Mineral damage, Mineral bearing capacity*

ABSTRAK

Gempabumi dengan magnitudo 7,4 pada 28 September 2018 di Provinsi Sulawesi Tengah menyebabkan terjadinya likuefaksi pada daerah Petobo sehingga menimbulkan dampak kerusakan yang mengakibatkan menurunnya kemampuan lahan untuk kembali dimanfaatkan sebagai daerah pemukiman. Penelitian bertujuan untuk mengetahui daya dukung mineral pada area terdampak likuefaksi dan area yang tidak terdampak likuefaksi daerah Petobo. Metode penelitian yaitu analisis material sedimen berukuran pasir secara petrografi dengan data berupa: komposisi mineral, luasan mineral, luasan kerusakan mineral, dan tingkat kerusakan mineral yang dibagi dalam 3 kategori (retak, getas dan remuk) sebagai parameter untuk analisis daya dukung mineral. Hasil penelitian menunjukkan komposisi mineral terdiri dari kuarsa, biotit, plagioklas, ortoklas, hornblende dan mineral opak. Terjadi perubahan luasan mineral yang signifikan pada area terdampak likuefaksi. Persentase tingkat kerusakan mineral pada area likuifaksi lebih besar mencapai 40 % dibandingkan area tidak terdampak likuefaksi dengan kerusakan terbesar rata-rata dialami pada mineral kurang resisten (biotit, plagioklas, ortoklas dan hornblend) sedangkan pada mineral yang lebih resisten (kuarsa dan mineral opak) memiliki persentase kerusakan lebih rendah. Dari persentase kerusakan mineral dan parameter lainnya, daya dukung mineral pada area terdampak likuefaksi termasuk kategori daya dukung mineral rendah dan area yang tidak terdampak likuefaksi memiliki daya dukung mineral yang masih tinggi sehingga likuefaksi mengakibatkan terjadinya kerusakan dan perubahan nilai luasan pada mineral sehingga daya dukung mineral menurun.

Kata kunci: Likuefaksi, Mineral, Tingkat kerusakan mineral, Daya dukung mineral

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam likuefaksi yang terjadi pada 28 September 2018 di daerah Petobo, Kota Palu menjadi salah satu fenomena yang dianggap cukup menarik karena belum pernah terjadi di daerah manapun di Indonesia (Sassa dan Tagawa, 2019). Kota Palu dicirikan oleh bentuk utama berupa lembah (*graben*) dimana pusat kota terletak di bagian tengah dari lembah dengan orientasi mengikuti arah utama jalur pegunungan di kedua sisinya, (Widyaningrum,2012) dengan keberadaan kipas-kipas aluvial pada sisi kanan dan kiri lembah Palu di mana pola aliran kipas aluvial ini mengarah ke Lembah Palu (Murtolo & Hasan,1993). Dari kondisi ini dapat diinterpretasikan bahwa proses sedimentasi sangat kuat mengarah ke arah lembah Palu dengan kemungkinan gerakan tanah pada wilayah-wilayah kontras topografi tinggi dan batuan yang tidak kompak(Hajar dkk,2019). Kondisi inilah yang menyebabkan Palu memiliki kondisi geologi unik (Socquet dkk, 2006) ditandai dengan bencana likuefaksi yang terjadi salah satunya pada Daerah petobo.

Karakteristik mineral yang ada pada suatu daerah dapat memberikan informasi peristiwa masa lalu (Yahya,2019) tidak terkecuali kondisi mineral pada daerah likuefaksi. Analisis detail tentang kondisi mineral pada suatu daerah khususnya pasca bencana likuefaksi belum pernah dilakukan sebelumnya. Dengan melakukan pengamatan kondisi mineral pasca bencana likuefaksi dapat memberikan informasi kondisi mineral pada daerah tersebut dan menjadi salah satu faktor dalam menentukan daya dukung mineral yang ada pada suatu daerah.

Analisis kondisi mineral penyusun Petobo khususnya daerah yang terdampak likuefaksi(zona likuefaksi) dan diluar dari daerah terdampak (zona non-likuefaksi) merupakan penelitian yang pertama dilakukan dan menjadi penting khususnya pada kondisi pasca likuefaksi. Penelitian ini dapat menjadi salah satu acuan pertimbangan kekuatan dan ketahanan mineral sebagai material yang berukuran pasir pada daerah zona likuefaksi terhadap kemampuan dan daya dukung lahan untuk kembali sebagai daerah pemukiman dan jika umumnya mineral yang ada mengalami kerusakan dengan persentase yang tinggi, maka daapt direkomendasikan untuk difungsikan sebagai kawasan hijau dan wisata taman kota serta resapan air hujan untuk pengendalian banjir ataupun rekomendasi peruntukan lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang mendasari dilakukannya penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana komposisi dan persentase mineral zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi pada daerah penelitian?
- b. Bagaimana luasan mineral pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian?
- c. Bagaimana luasan mineral yang rusak pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian?
- d. Bagaimana tingkat kerusakan mineral pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian?
- e. Bagaimana daya dukung mineral pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, terarah dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi fokus penelitian ini hanya pada aspek komposisi dan persentase mineral, luasan mineral, luasan mineral yang rusak, tingkat kerusakan dan daya dukung mineral pada daerah penelitian

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

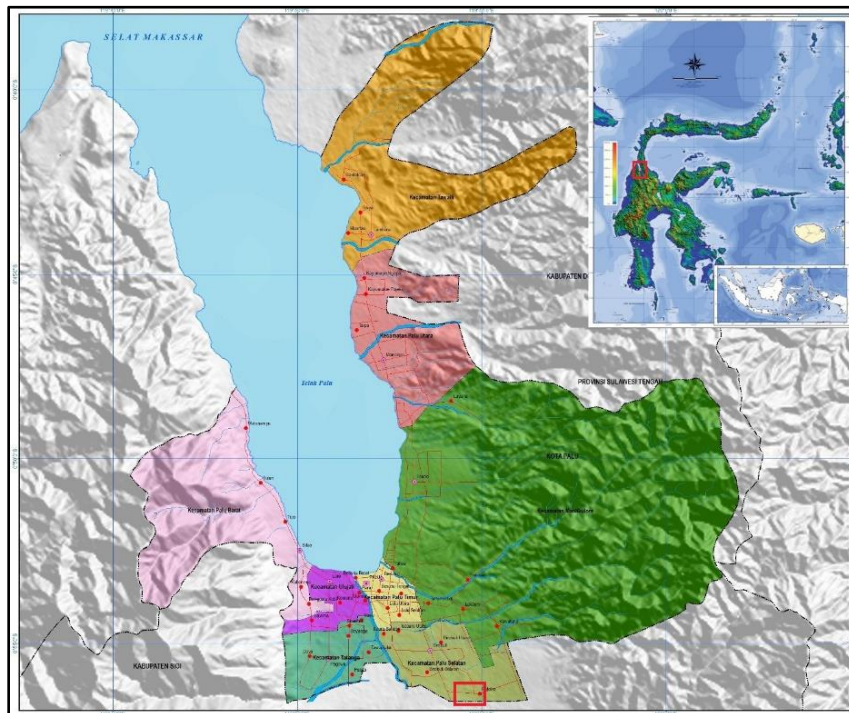
- a. Untuk mengetahui komposisi dan persentase mineral zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi pada daerah penelitian
- b. Untuk mengetahui luasan mineral pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian
- c. Untuk mengetahui luasan mineral yang rusak pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian
- d. Untuk mengetahui tingkat kerusakan mineral zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian
- e. Untuk mengetahui daya dukung mineral pada zona likuefaksi dan zona non-likuefaksi daerah penelitian

1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Daerah penelitian secara administratif terletak di Daerah Petobo, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah dan secara geografis daerah penelitian ini terletak pada koordinat 119°53'90"-119°55'40" Bujur Timur (BT) dan 0°55'90"- 00°56'60"

Lintang Selatan (LS).

Untuk sampai pada daerah penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan jalur transportasi darat dengan kendaraan roda dua atau roda empat dengan jarak tempuh 822 km atau sekitar 24 jam perjalanan dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan menuju ke arah Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian

1.6 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung terdiri dari Peta topografi skala 1 : 25.000, kompas geologi, palu geologi, *Global Positioning System* (GPS), alat *sekop*, loupe dengan pembesaran 10x, komparator klasifikasi batuan sedimen, pita meter, buku catatan lapangan, kantong sampel, kamera digital, alat tulis menulis, dan tas lapangan.

Sedangkan alat dan bahan yang akan digunakan selama analisis laboratorium yaitu mikroskop polarisasi, sayatan tipis sampel sedimen, lem epoxy resin, lem epoxy *hardener*.

1.7 Peneliti Terdahulu

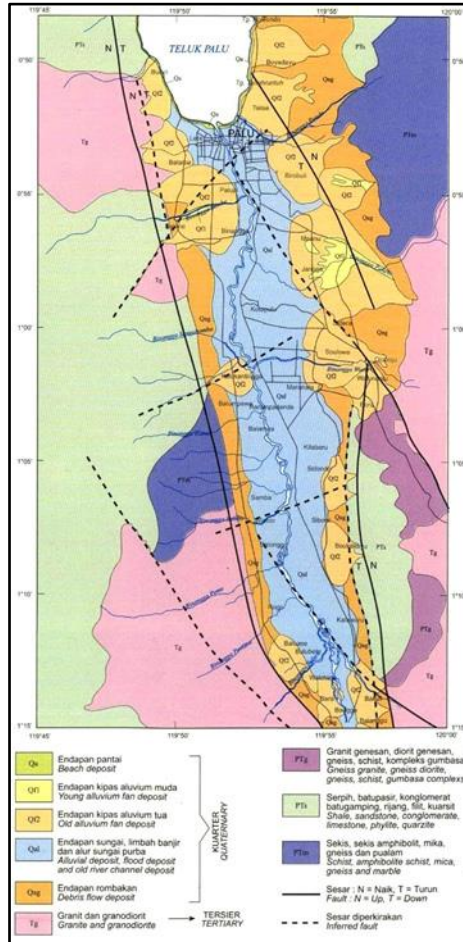
Beberapa ahli telah melakukan penelitian geologi di daerah ini baik secara lokal maupun regional maupun yang memiliki keterkaitan dengan penelitian. Hasil penelitian yang dijadikan acuan dalam penelitian ini antara lain :

1. Sukamto dkk (1994), penelitian tentang Peta Geologi Lembar Palu, Sulawesi, Skala 1: 250.000.
2. Firmansyah dan Irsyam (1999), penelitian tentang *Development of Seismic hazard map for Indonesia*.
3. Soehaimi, Firdaus dan Effendi (2000), penelitian tentang peta zonasi kerentanan bencana gempabumi daerah palu dan sekitarnya.
4. Harun, Turu, dan Malissa Z (2010), penelitian tentang mikrozonasi seismic dan analisis respon site pasific Kota Palu.
5. Sriyati (2010), penelitian tentang kondisi seismisitas dan dampaknya untuk Kota Palu
6. Widyaningrum (2012), penelitian tentang penyelidikan geologi teknik potensi liquifaksi Daerah Palu, Provinsi Sulawesi Tengah
7. Miyajima (2018), penelitian tentang *Geotechnical damage in the 2018 Sulawesi earthquake, Indonesia*.

8. Badan Geologi (2018), penelitian tentang dampak dan antisipasi akibat bencana gempa, tsunami dan likuefaksi dan menerbitkan buku berjudul Dibalik Pesona Palu.
9. Watkinson dan Hall (2019), penelitian tentang *Impact of communal irrigation on the 2018 Palu earthquake-triggered landslides*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Geologi Palu



Gambar 2.1 Peta geologi wilayah Palu dan sekitarnya (Soehaimi dkk., 2000)

2.1.1. Karakteristik Geomorfologi Palu

Morfologi Kota Palu dapat dibagi menjadi 2 (dua) satuan, yaitu :

- a. Morfologi Dataran Kenampakan morfologi berupa topografi tidak teratur, lemah, merupakan wilayah dengan banjir musiman, dasar sungai umumnya meninggi akibat sedimentasi fluvial. Morfologi ini disusun oleh material utama berupa aluvial sungai dan pantai dengan bentukan morfologi berupa

dataran dan kemiringan lereng 0-5 %. Wilayah tengah Kota Palu didominasi oleh satuan geomorfologi ini.

- b. Morfologi Perbukitan Kenampakan berupa morfologi bergelombang lemah sampai bergelombang kuat. Wilayah kipas aluvial (aluvial fan) termasuk dalam satuan morfologi ini. Bentuk morfologinya berupa perbukitan berrelief halus dengan kemiringan lereng 5-15 %. Di wilayah Palu morfologi ini meluas di wilayah Palu Timur, Palu Utara, membatasi antara wilayah morfologi dataran dengan morfologi pegunungan.

2.1.2. Karakteristik Stratigrafi Palu

Berdasarkan pengamatan pada Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi Skala 1:250.000 (Sukanto dkk, 1994) daerah penelitian umumnya terdiri dari 2 (dua) Formasi batuan, yaitu Aluvium dan endapan pantai (Qap) dan Molasa Celebes Serasin dan Serasin (QTms).

- a. Aluvium dan endapan pantai (Qap)

Terdiri dari kerikil, pasir, lumpur, dan batugamping koral. Terbentuk dalam lingkungan sungai, delta, dan laut dangkal merupakan sedimen termuda di daerah ini. Endapan itu boleh jadi seluruhnya berumur Holosen. Kondisi batuan pada Formasi ini umumnya berupa material yang belum mengalami kompaksi. Struktur batuan umumnya terdiri dari pasir bagian atas, lanau dan tanah lempung dibagian bawah. Kedalam air tanah berkisar 0,5-1,6 m dibawah permukaan tanah

- b. Molasa Celebes dan Serasin (QTms)

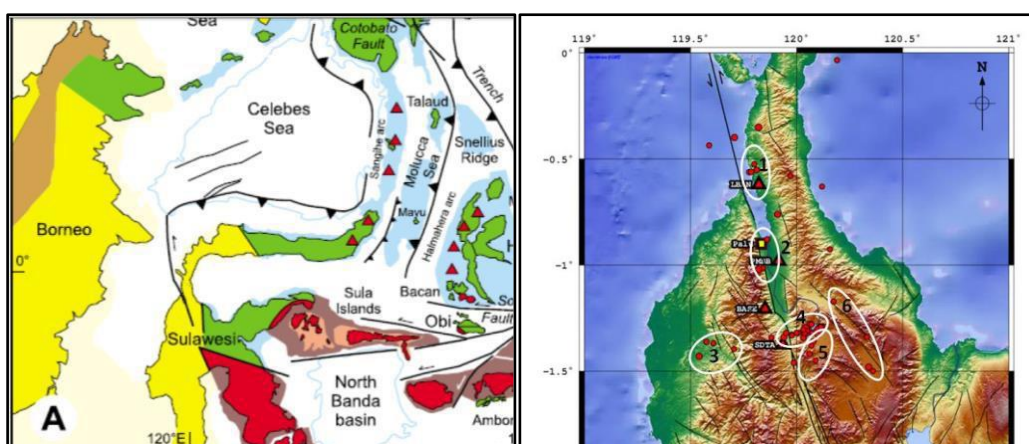
Batuan ini tersebar di dataran tinggi di sisi gunung sebelah Timur dan

sebelah barat Kota Palu. Formasi batuan ini terdiri dari jenis batuan yang lebih tua, berupa konglomerat, batupasir, batulempung, batugamping koral, dan napal yang semuanya terkompaksi. Ukuran batuan semakin ke laut berubah menjadi batuan klastik berbutir halus.

2.1.3. Karakteristik Struktur Geologi Palu

Berdasarkan hasil studi dari tim revisi peta gempa Indonesia (Irsyam, 2010) struktur geologi aktif yang melewati Kota Palu adalah berupa PKF (*Palu Koro Fault*) dan MF (*Matano Fault*) keduanya merupakan sesar aktif yang banyak dijumpai disekitar lembah Palu. Sesar Palu-Koro (PKF) berarah Utara – Selatan sedang beberapa diantaranya ada yang berarah Baratdaya – Timurlaut.

Sesar – sesar aktif tersebut yang berarah Utara – Selatan adalah merupakan sesar-sesar aktif akibat peremajaan dari struktur tua yang dapat teraktifkan kembali, sedangkan sesar-sesar yang berarah Baratdaya – Timurlaut adalah merupakan struktur yang sangat aktif pada masa kini.



Gambar 2.2 Struktur geologi Palu (Irsyam, 2010)

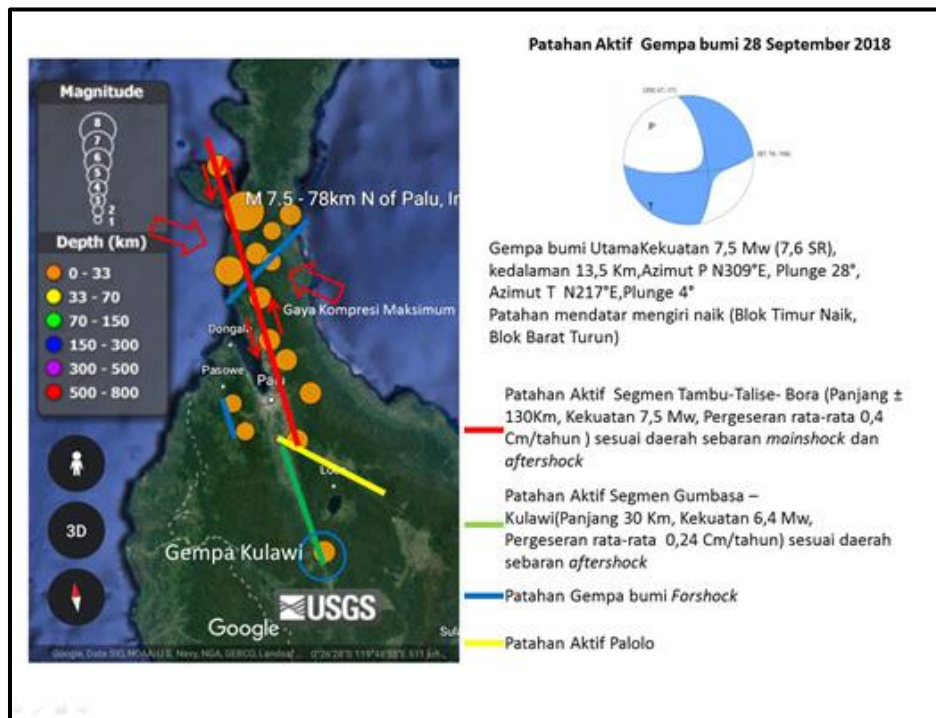
Secara geologi, fisiografi Kota Palu berhubungan dengan proses struktur yang terjadi serta jenis batuan yang menyusun Kota Palu, dimana sisi kiri kanan Kota

Palu merupakan jalur patahan utama, yaitu patahan Palu-Koro serta wilayahnya disusun oleh batuan yang lebih keras dibanding material penyusun bagian lembah.

2.2 Kegempaan daerah Palu

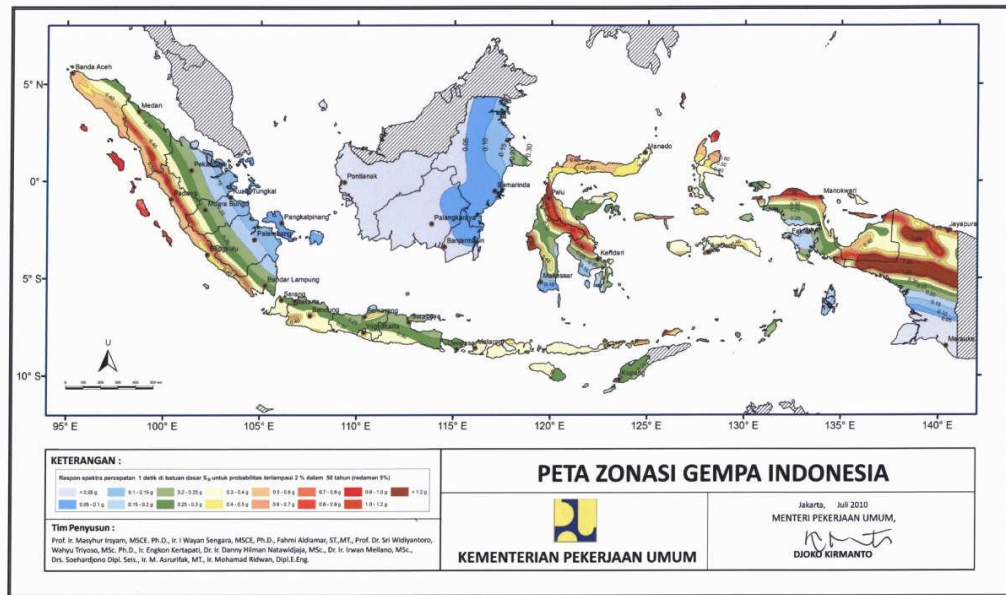
Dari aspek kegempaan, sistem patahan di bagian tengah Sulawesi dimana Kota Palu terdapat terdiri dari kompleks zona patahan yang terletak dalam pertemuan lempeng Pasifik, Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Dari perhitungan terhadap pergerakan patahan Palu-Koro ini diperoleh data kisaran pergerakan lempeng, yaitu 35 ± 8 mm per tahun.

Sejarah gempa bumi di bagian tengah Sulawesi telah tercatat sejak abad ke-19, dimana beberapa diantaranya mempunyai magnitudo yang besar, diantaranya tahun 1968 (6,7 SR), 1993 (5,8 SR) dan 2005 (6,2 SR). Kegempaan di Sulawesi ini juga ditandai dengan frekuensi tsunami yang tinggi di bagian Selat Makassar, sebagaimana yang terjadi pada tahun 1927 di Teluk Palu dengan ketinggian gelombang mencapai 15 m, tahun 1968 di Mapaga (10 m) dan tahun 1996 di Simuntu - Pangalaseang (1 - 3,4 m) (Irsyam, 2010). Kegempaan terbaru terjadi Pada tanggal 28 September 2018, sebuah gempa berkekuatan momen (M_w) = 7,5, berpusat 85 km sebelah utara Palu, mengawali bencana yang menewaskan 2.081 orang, 1.309 hilang dan 206.494 orang mengungsi (ASEAN Coordinating Centre for Humanitarian Assistance on Disaster Management, 2018).



Gambar 2.3 Patahan aktif Palu-Donggala-Sigi 28 september 2018 (USGS,2018)

Menurut klasifikasi zona gempa Indonesia (Firmansyah dan Irsyam, 1999) gempa yang terjadi di wilayah Palu termasuk dalam tipe zona perubahan (*transform zone*) yaitu gempa yang diakibatkan karena dua lempeng tektonik bergerak saling menggelangsar (*slide each other*), sejajar namun berlawanan arah. Keduanya tidak saling memberai maupun saling menumpu. Gempa yang terjadi pada zona ini umumnya merupakan gempa pada kerak dangkal (*shallow crustal earthquakes*) yang diakibatkan oleh Sesar Palu-Koro dan Sesar Matano.



Gambar 2.4 Peta zonasi gempa Indonesia (Pusgen,2017)

Berdasarkan kajian tersebut tingkat resiko gempa bumi yang tinggi di kota Palu ini selain karena berdekatan dengan sesar aktif Palu-Koro, juga karena sebagian kotanya terletak di atas sesar Palu-Koro. Diperkirakan intensitas gempa bumi yang merusak adalah dengan magnitudo lebih besar dari 6,0 SR.

Tabel .2.1 Klasifikasi zona gempa dan magnitudo maksimumnya di Indonesia (Firmansyah dan Irsyam, 1999)

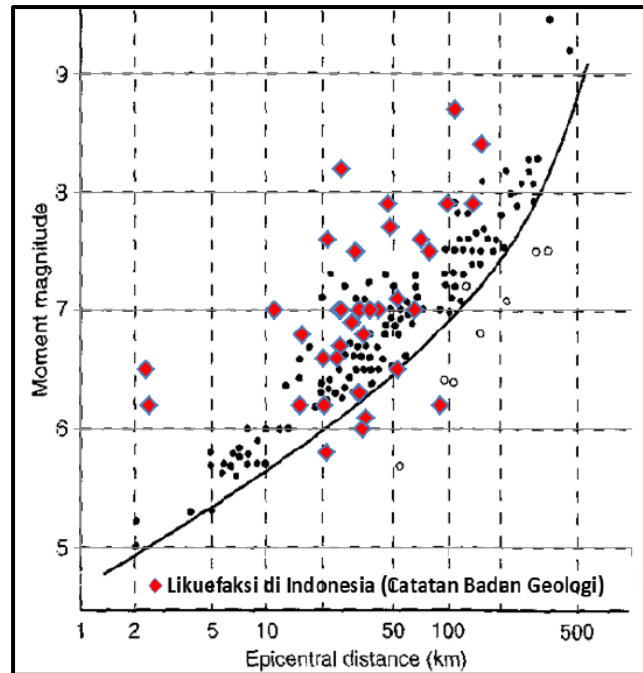
Klasifikasi zona	Sumber gempa	Magnitudo Maks
Zona Subduksi	Sumatera	8,5
	Jawa	8,2
	Banda	8,5
	Seram	8,4
	Irian Jaya Utara	8,4
	Halmahera	8,5
	Sangir Talaud	8,5
	Sulawesi Utara	8,0
	Molluca Passage	8,5
	Zona Transform	Sesar Sumatera
Sukabumi		7,6
Baribis		6,0
Lasem		6,0
Majene-Bulukumba		6,5
Palu-Koro		7,6
Matano		7,6
Sorong		7,6
Ransiki Lengguru		6,5
Yapen-Mambaremo		7,6
Tarera-Aeduna	6,5	

2.3 Likuefaksi

Likuefaksi merupakan gejala peluluhan pasir lepas yang bercampur dengan air akibat guncangan gempa dimana gaya pemicu melebihi gaya yang dimiliki litologi setempat dalam menahan guncangan (Sriyati,2010). Hal ini bisa menyebabkan beberapa kejadian seperti penurunan cepat (*quick settlement*), pondasi bangunan menjadi miring (*tilting*) atau penurunan sebagian (*differential settlement*), dan mengeringnya air sumur yang tergantikan oleh material non kohesif.

Likuefaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat kenaikan tegangan air pori yang disebabkan oleh beban dinamik berupa gempa. Likuefaksi dapat terjadi bila percepatan maksimum permukaan tanah bernilai $>0,1$

g dengan kekuatan gempa >5 SR (Tohari dkk, 2010)



Gambar 2.5. Hubungan antara magnitudo gempa dengan jarak kritis kejadian likuefaksi di seluruh dunia dan Indonesia (Taufiq,2020)

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dicegah. Gelombang gempa menimbulkan guncangan tanah pada suatu kondisi tertentu dan salah satunya dapat menyebabkan likuefaksi. Likuefaksi terjadi ketika tanah nonkohesif jenuh air yang kehilangan kuat gesernya diguncang beban siklik (berulang teratur) yang disebabkan oleh gempa sehingga tekanan air pori akan meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal.

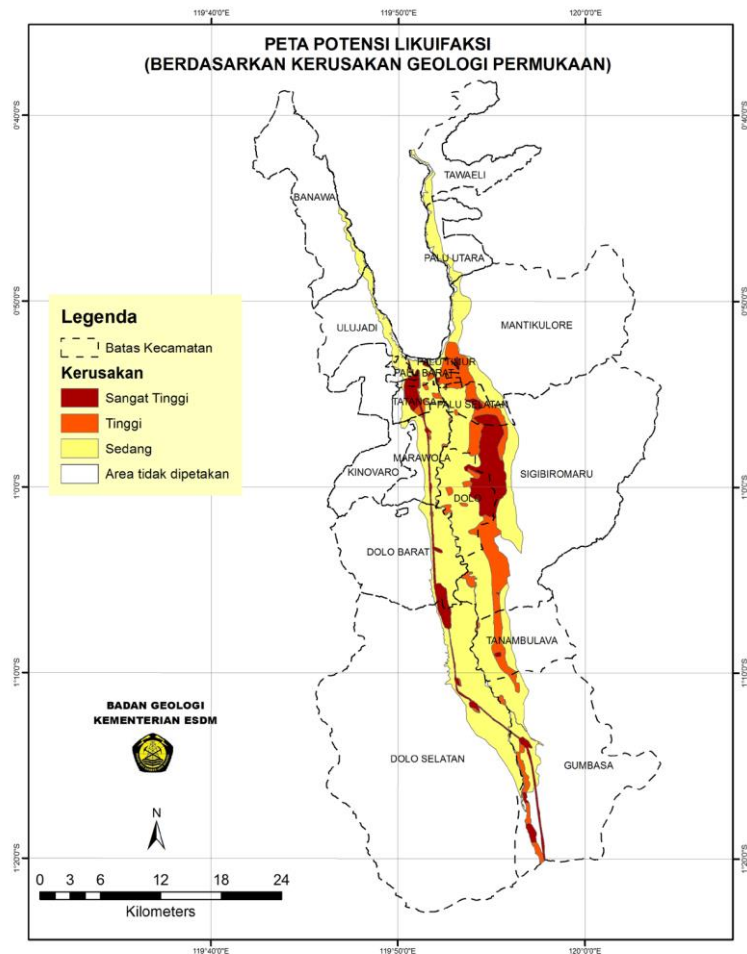
Ditinjau dari beberapa kerusakan berat atau kerusakan total pada bangunan karena peretakan tanah akibat proses likuefaksi bahwa kerusakan ringan terjadi pada pergeseran tanah sejauh 50-100 mm, kerusakan yang memerlukan perbaikan ringan atau kerusakan sedang terjadi akibat pergeseran tanah sejauh 120-600 mm, dan kerusakan berat dengan pergeseran tanah sejauh lebih dari 760 mm.

Perubahan sifat tanah dari sifat solid menjadi sifat seperti likuid yang terjadi

pada tanah jenuh air diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif tanah dan sekaligus juga mengurangi kekuatan geser tanah yang bersangkutan. Apabila hal tersebut terjadi dan tanah kehilangan kekuatannya maka akan terjadi likuefaksi.

2.4 Likuefaksi Kota Palu

Peristiwa gempa 7,5 Mw yang terjadi di wilayah Sulawesi Tengah pada tanggal 28 September 2018 menyebabkan likuefaksi di pinggir pantai dan daratan Kota Palu dan Kabupaten Sigi (Sriyati,2010). Secara geologi daerah ini rentan diakibatkan kemiringan daratan (0-5%) serta tersusun dari endapan alluvial pantai berumur Holosen (Qap), terdiri dari pasir, kerikil, Lumpur, dan Batugamping Koral yang terbentuk pada lingkungan sungai, delta dan laut dangkal (Sukanto dkk, 1994). Sedangkan kedalaman muka air tanah bebas berkisar antara 1,4 dan 2,7 m (Zeffitni,2013). Dengan demikian kerentanan Likuefaksi Kota Palu disebabkan oleh kondisi geologi dan hidrologi ini (Pusgen,2017).



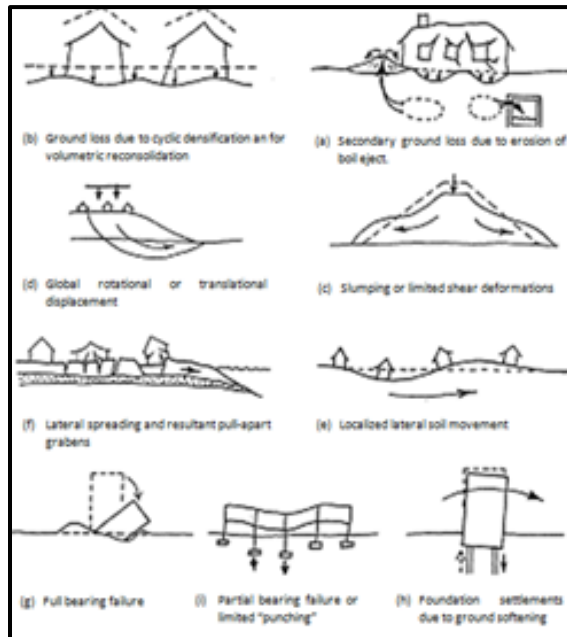
Gambar 2.6 Peta potensi likuefaksi palu dan sekitarnya (Badan Geologi, 2018)

2.5 Penurunan dan Perpindahan Lateral Tanah Akibat Likuefaksi

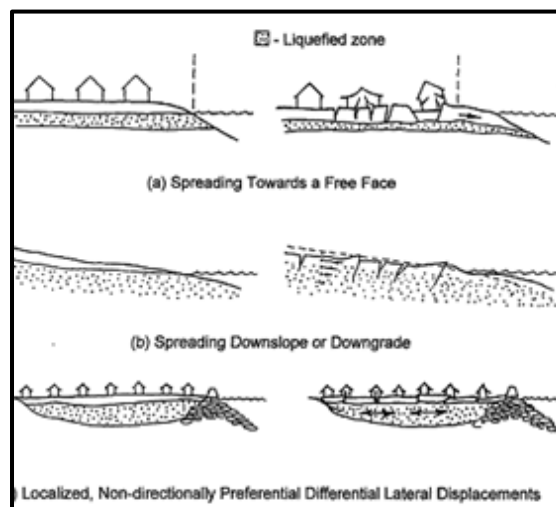
Fenomena likuefaksi terjadi seiring terjadinya gempa bumi. Secara visual peristiwa likuefaksi ini ditandai munculnya lumpur pasir di permukaan tanah berupa semburan pasir (sand boil), rembesan air melalui rekahan tanah, atau bisa juga dalam bentuk tenggelamnya struktur bangunan di atas permukaan, penurunan muka tanah dan perpindahan lateral.

Salah satu efek liquifaksi pada bangunan konstruksi adalah penurunan dan perpindahan lateral tanah. Proses penurunan terdapat sembilan tipe sedangkan

perpindahan lateral memiliki tiga tipe (Seed, 2001).



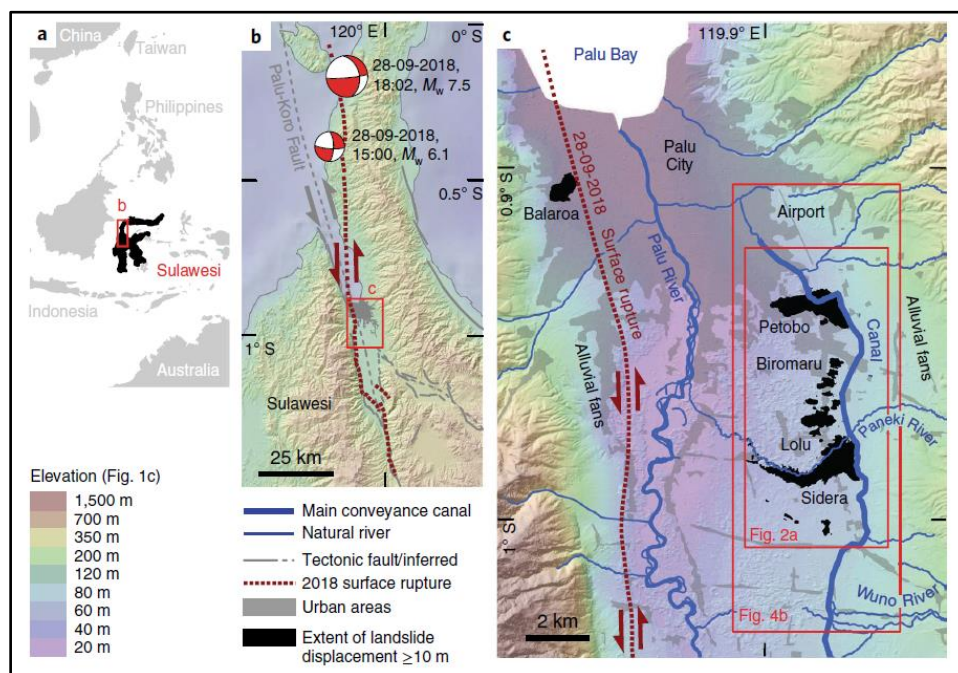
Gambar 2.7 Tipe penurunan akibat likuefaksi (Seed dan Idriss, 1971)



Gambar 2.8 Tipe perpindahan lateral akibat likuefaksi (Seed dan Idriss, 1971)

2.6 Likuefaksi Daerah Petobo

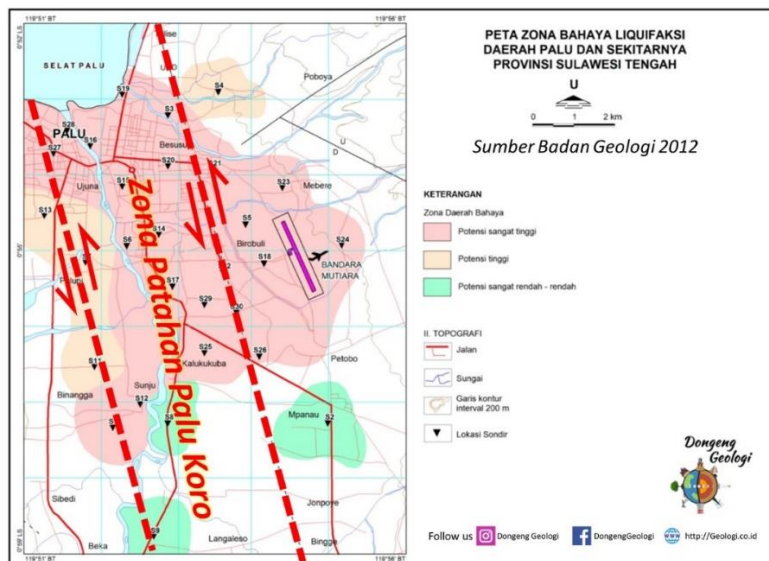
Setelah gempa terjadi di Palu, 28 September 2018 pada pukul 18:02 WITA, terjadi likuifaksi di Petobo, Palu Selatan. Petobo kelurahan di bagian selatan-tenggara kota Palu yang berbatasan langsung dengan Kab. Sigi & Kab. Donggala. Pada daerah Petobo, dampak kerusakan yang terjadi akibat likuefaksi mengakibatkan lebih dari 700 rumah rusak parah dan ratusan orang meninggal dunia dengan daerah yang terkena dampak di Petobo lebih besar dibandingkan daerah likuefaksi Balaroa, yaitu sekitar 150.000 m² (Miyajima dkk, 2018).



Gambar 2.9 (a) Pulau Sulawesi (b) Sulawesi Tengah yang menunjukkan patahan mengakibatkan gempa 28 september 2018, (c) Gambaran tentang likuefaksi yang dipicu gempa (area hitam) dilembah Palu, termasuk Balaroa di barat dan Petobo dan Sidera di timur (Watkinson dan Hall, 2019)

Tabel 2.2 Nilai penurunan dan perpindahan lateral tiap lokasi pengujian sondir (Widyaningrum, 2012)

Kode	Lokasi	X	Y	1 g		1,2 g	
				Penurunan (cm)	Perpindahan (cm)	Penurunan (cm)	Perpindahan (cm)
PGA							
S-01	Kalukubula	119° 53' 08,9"	00° 57' 20,6"	9,99	32,18	9,99	32,18
S-02	Lolu	119° 54' 58,2"	00° 57' 17,00"	1,39	12,36	1,46	14,81
S-03	Besusu	119° 52' 51,6"	00° 53' 13,3"	1,66	9,25	1,7	10,6
S-04	Talise	119° 53' 54,9"	00° 52' 54,9"	2,38	10,71	2,38	10,71
S-05	Birobuli	119° 53' 52,7"	00° 54' 39,8"	2,97	17,74	2,97	18,01
S-06	Tatura	119° 52' 18,3"	00° 54' 56,9"	2,02	6,89	2,14	7,33
S-07	Besusu Tengah	119° 52' 17,8"	00° 53' 20,1"	1,38	9,01	1,59	9,74
S-08	Kalukubula	119° 57' 17,4"	00° 57' 17,4"	0	0	0	0
S-09	Dolo, Kotarinau	119° 52' 41,3"	00° 58' 46,7"	0	0	0	0
S-10	Kotapulu	119° 52' 19,6"	00° 59' 44,7"	0	0	0	0
S-11	Baliase	119° 51' 55,6"	00° 56' 32,5"	1,07	8,18	1,12	8,62
S-12	Sunju	119° 52' 31,2"	00° 57' 02,2"	2,33	13,81	2,5	17,26
S-13	Bayaoge	119° 51' 14,7"	00° 54' 32,9"	0,59	7,2	0,72	10,29
S-14	Tatura	119° 52' 42,6"	00° 54' 47,8"	0,92	6,82	0,92	6,82
S-15	Lolu Selatan	119° 54' 09,7"	00° 52' 15,9"	0,92	6,82	0,92	6,82
S-16	Besusu Barat	119° 51' 50,8"	00° 53' 37,5"	0,96	3,99	1,05	4,21
S-17	Tatura	119° 52' 54,4"	00° 55' 29,1"	2,04	11,87	2,04	11,87
S-18	Birobuli	119° 54' 07,6"	00° 55' 10,7"	2,47	9,09	2,48	9,09
S-19	Talise	119° 52' 15,7"	00° 52' 56,8"	0,94	1,82	0,94	1,82
S-20	Lolu	119° 52' 52,7"	00° 53' 53,5"	1,65	5,46	1,65	5,46
S-21	Tanamodindi	119° 53' 26,8"	00° 53' 55,7"	0,46	0	0,46	0
S-22	Birobuli Utara	119° 53' 36,0"	00° 55' 17,5"	0	0	0	0
S-23	Lasoani	119° 54' 20,7"	00° 54' 10,6"	1,16	9,27	1,26	10,06
S-24	Kawatuna	119° 55' 07,9"	00° 54' 56,0"	2,33	20,47	2,34	20,47
S-25	Kalukubula	119° 53' 19,3"	00° 56' 21,4"	0	0	0	0
S-26	Petobo	119° 54' 05,0"	00° 56' 24,5"	0,75	6,82	0,75	6,82
S-27	Kamoji	119° 51' 20,9"	00° 53' 43,6"	0,12	0,53	0,16	1,71
S-28	Lere	119° 51' 33,5"	00° 53' 25,1"	1,55	7,78	1,55	7,78
S-29	Tatura	119° 53' 19,4"	00° 55' 43,2"	0,41	0	0,41	0
S-30	Birobuli Selatan	119° 53' 45,4"	00° 55' 49,6"	0,49	2,36	0,54	3,53

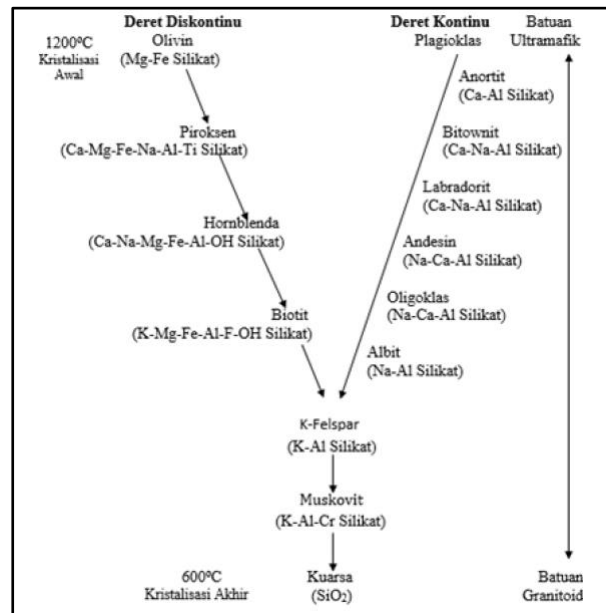


Gambar 2.10 Peta zonasi bahaya likuefaksi daerah Palu dan Sekitarnya (Widyaningrum, 2012)

Hasil perhitungan LPI, penurunan tanah dan perpindahan lateral secara kuantitatif menghasilkan 3 kategori potensi likuefaksi setelah dilakukan interpolasi Kriging. Kategori tersebut dibedakan berdasarkan klasifikasi Iwasaki (1986) yang menggunakan nilai LPI sebagai acuan (Badan Geologi,2018), dari hasil analisa potensi pada beberapa tempat ini menunjukkan bahwa daerah Petobo menunjukkan nilai dengan potensi tinggi dengan probabilitas untuk periode ulang 50 tahun yang berpotensi mengalami penurunan tanah kurang dari 5 cm dan perpindahan lateral lebih dari 10 cm. (Widyaningrum dkk, 2012)

2.7 Resistensi dan Kestabilan Mineral

Mineral adalah bahan atau elemen yang terjadi secara alamiah yang mempunyai komposisi kimia tertentu kombinasi dari senyawa an-organik dan struktur kristal yang khas (Mitchel dan Soga, 2005). Secara umum, batuan mengandung mineral tertentu maupun kumpulan mineral. Mineral mempunyai komposisi kimia tertentu dan menjadi penyusun komponen (pola kristal). Namun beberapa mineral tidak mempunyai struktur kristal (*amorf*). Hirarki atau tingkat kemudahan mineral untuk melapuk disajikan dalam gambar yang dikenal dengan Reaksi Bowen. Pada umumnya mineral yang mengkristal lebih cepat pada suhu yang sangat tinggi akan lebih mudah terlapukkan daripada yang mengkristalnya lebih akhir pada suhu yang lebih rendah (Goldschmidt, 1958).



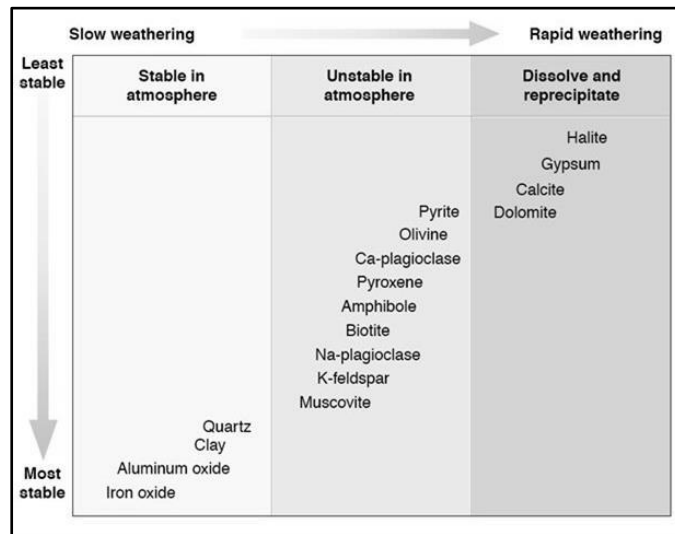
Gambar 2.11 Seri reaksi bowen dan hubungannya dengan kemudahan mineral untuk lapuk

Proses pelapukan yang terjadi dalam mineral, sangat terkait dengan stabilitas dan unsur penyusun mineral. Reaksi Bowen menggambarkan bahwa semakin rendah temperatur pembentukan mineral, maka proses kristalisasi mineral akan semakin stabil. Pada mineral dengan kristal yang semakin stabil, maka proses pelapukan yang terjadi juga akan semakin sulit. Pada tanah-tanah yang banyak mengandung mineral yang sangat mudah lapuk (*early weathering stages*) menunjukkan bahwa tanah tersebut masih muda atau belum mengalami pelapukan lanjut. Semakin lanjut proses pelapukan yang terjadi, maka tanah yang ada juga akan semakin tidak subur yang ditandai dengan adanya mineral sulit terlapukkan (*advanced weathering mineral*) (Aini dkk, 2016).

Tabel 2.3 Representatif mineral pada tingkat pelapukan (Mitchell dan Saga 2005)

Tingkat Pelapukan	Representatif Mineral
Early Weathering Stage	Gypsum (also halite, sodium nitrat) Calcite (also dolomite apatite) Olivine-hornblende (also pyroxenes) Biotite (also glauconite, nontronite) Albite (also anorthite, microcline, orthoclase)
Intermediate Weathering Stage	Quartz Muscovite (also illite) 2:1 layer silicate (including vermiculite, expanded hydrous mica) Montmorillonite
Advanced Weathering Stage	Kaolinite Gibbsite Hematite (also goethite, limonite) Anatase (also rutile, zircon)

Stabilitas mineral pembentuk utama batuan (ketahanan terhadap pelapukan) dinyatakan oleh seri Goldich. Dalam seri ini, kuarsa adalah yang paling stabil, diikuti oleh feldspar, mika, dan mineral kurang stabil lainnya yang hanya hadir ketika telah terjadi sedikit pelapukan. Jumlah pelapukan terutama bergantung pada jarak ke daerah sumber, iklim lokal dan waktu yang dibutuhkan untuk sedimen yang akan diangkut sana. Di sebagian besar batuan sedimen, mika, mineral feldspar dan mineral kurang stabil lainnya telah bereaksi dengan mineral lempung seperti kaolinit, illite atau smektit (Mitchel dan Saga,2005).



Gambar 2.12 Derajat ketahanan mineral terhadap pelapukan (Goldich, 1938 dalam Mitchel dan Soga, 2005)

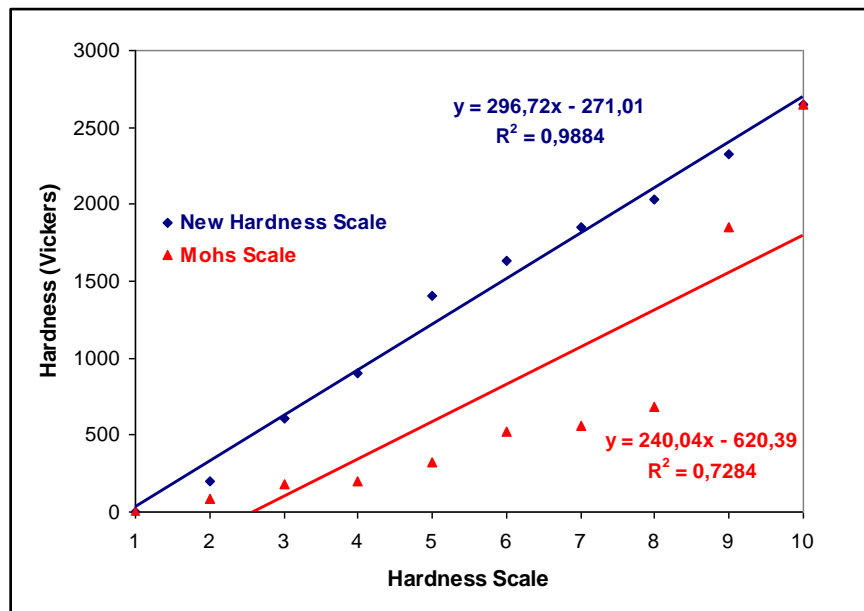
2.8 Kekerasan Mineral

Skala kekerasan mineral yang paling umum adalah skala Mohs, diciptakan oleh Friedrich Mohs pada abad kesembilan belas. Meskipun berguna untuk mengevaluasi kekerasan dengan goresan sederhana, klasifikasi ini memiliki kelemahan berupa kekerasan tidak beraturan (lompatan) dari satu kekerasan ke kekerasan berikutnya. Ketika Mohs memilih sepuluh mineral untuk membuat klasifikasi, dia mungkin memikirkan ketersediaannya sehubungan dengan kejadian umum mineral. Masalahnya, perbedaan dari mineral yang dipilih bukanlah aritmatika atau logaritmik. Skala kekerasan baru yang diusulkan mendekati perbedaan yang lebih teratur antara anggotanya. Contoh khas dari skala Mohs adalah perbedaan kekerasan yang signifikan antara gipsum-kalsit dan kalsit-fluorit dalam skala Mohs. Jika skala Mohs akan linier, perbedaan ini harus sama atau hampir sama. Namun, gagasan Mohs tetap cerdas dan skalanya masih digunakan di seluruh dunia. Mencari timbangan yang memiliki keteraturan lebih, makalah ini

menyajikan hasil pengujian kekerasan mikro Vickers dari berbagai mineral, dengan talc dan intan yang masih berada pada titik ekstrim serta pemilihan mineral kedelapan lainnya agar tercipta timbangan yang lebih homogen (Bezzerra dkk, 2010).

Tabel 2.4. Skala kekerasan mineral baru yang dibandingkan dengan skala mohs, menggunakan hasil pengujian microhardness (Bezzerra dkk, 2010)

Skala Kekerasan Baru	Kekerasan	Skala Mohs	Kekerasan
Talc	0	Talc	0
Fluorite	196	Gypsum	82
Wollastonite	609	Calcite	180
Hematite	902	Fluorite	196
Tourmaline	1 408	Feldspar	320
Beryl	1 635	Quartz	520
Topaz	1 851	Apatite	564
Chalcopyrite	2 031	Corundum	685
Chrysoberyl	2 328	Topaz	1 851
Diamond	2 650	Diamond	2 650



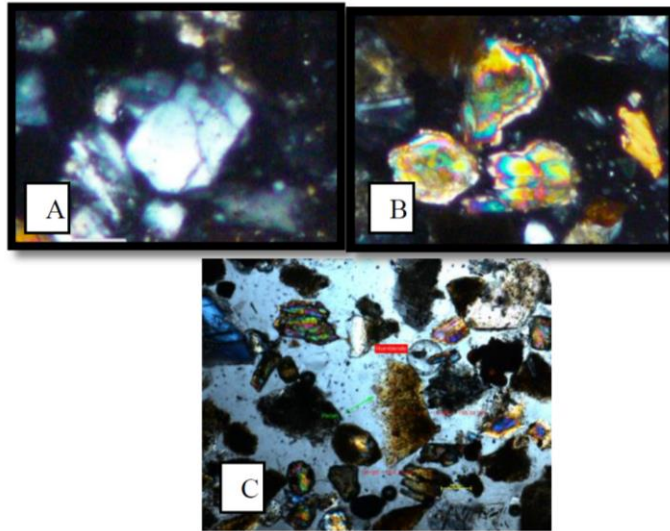
Gambar 2.13. Grafik Perbedaan Kekerasan Vickers dibandingkan Skala Mohs dan Skala baru (Bezzerra dkk, 2010)

Menggunakan angka-angka homogenitas yang lebih baik antara tingkat kekerasan terlihat jelas (koefisien korelasi semakin mendekati satu). Antara mineral topaz dan korundum, skala Mohs menunjukkan perbedaan yang besar dari topaz ke bawah jarak ini jauh lebih kecil, sehingga lebih sulit untuk membedakan mineral dengan kekerasan yang lebih rendah. Oleh karena itu, tujuan utamanya adalah untuk menawarkan skala mineral umum dengan penerapan yang lebih mudah karena perbedaan yang lebih mirip di antara anggota yang dipilih (Bezzerra dkk, 2010)

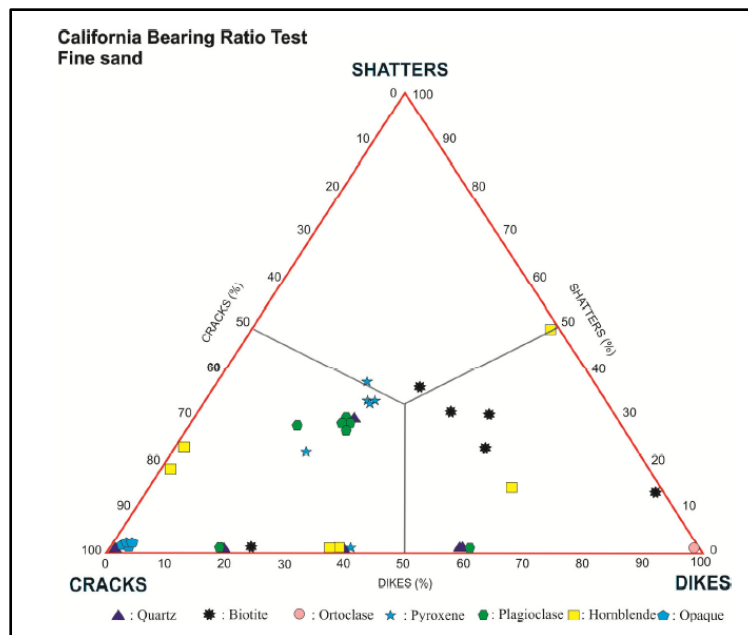
2.9 Tingkat Kerusakan dan Daya Dukung Mineral

Perbedaan karakteristik indeks geoteknik yang hampir beragam tanah dan proporsi mineral yang berbeda memberikan hasil yang berbeda, derajat perubahan yang berubah karena proses hambatan tergantung pada gradasi komponen tanah. Dalam mineral karakteristik penyusutan, jumlah dan rata-rata penghalang dan tingkat ketahanan dari penghalang individu dari partikel yang diatur secara konstan, porositas rata-rata memiliki perubahan, volume pori dan satuan berat tergantung pada permeabilitas tanah (Richaiid dkk, 1950). Partikel individu merupakan mineral yang memiliki sifat mikrostruktur, seperti mineral komposisi, ukuran butir, dan kerusakan mineral, telah dianggap oleh beberapa penulis sebagai penyebabnya parameter mikrostruktur untuk menentukan karakteristik proses mekanis di bahan sedimen dan batuan (Duarte dkk,2005). Struktur mikro mengacu pada ciri-ciri pada permukaan itu diamati pada bagian tipis menggunakan mikroskop dalam skala milimeter. Beberapa penulis menggunakan tekstur dan mikrostruktur sebagai sinonim (Jacquelso dan Ballivy,1984). Tingkat kerusakan mineral dalam penelitian dibagi atas 3 klasifikasi yaitu berupa retak, getas, dan remuk pada skala μm dan

perubahan fisik mineral sebagai luasan mineral (Umar dkk,2017).



Gambar 2.14 Klasifikasi Kerusakan Mineral (A) Kuarsa (Retak), (B) Hornblende (Getas), (C) Remuk (Umar,2017)



Gambar 2.15 Penggunaan prinsip segitiga *ternary* dalam analisis daya dukung mineral dengan klasifikasi tingkat kerusakan yaitu retak (*crack*), getas (*dike*), dan remuk(*shatter*) pada material sedimen berukuran pasir (Umar,2018)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode berupa survei lapangan secara langsung dimana mencakup pengambilan material sedimen berukuran pasir di daerah Petobo yang kemudian diklasifikasikan menjadi zona likuefaksi dan zona *non*-likuefaksi. Material sedimen yang telah diambil dilakukan pemilahan menggunakan *mesh* 30 untuk mendapatkan ukuran butir 0,5 mm yang diasumsikan sebagai ukuran yang representatif untuk dilakukan pembuatan sampel sayatan tipis kemudian dilakukan analisis petrografi untuk melakukan analisis komposisi dan persentase mineral, luasan mineral, luasan kerusakan mineral, tingkat kerusakan mineral serta daya dukungnya.

Pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 zona, yaitu zona likuefaksi dan zona *non*-likuefaksi. Zona ini dibagi berdasarkan referensi penelitian terdahulu, perbedaan kenampakan daerah yang diamati menggunakan citra satelit, kerusakan bangunan yang lebih signifikan, dan pergeseran bidang tanah.

Tabel 3.1 Indikator Perbedaan Zona Likuefaksi dan Non-Likuefaksi

No.	Indikator	Zona Likuefaksi	Zona Non-Likuefaksi
1.	Peneliti Terdahulu	Kerusakan bangunan geoteknik yang lebih masif (Miyajima dkk,2018) Pergeseran bidang tanah yang menunjukkan kesan seperti	Kerusakan bangunan geoteknik lebih sedikit (Miyajima dkk, 2018) Tidak terjadi pergeseran bidang tanah (Watkinson dan Hall, 2009)