

**“ARAHAN KAWASAN TANGGAP BENCANA LIKUIFAKSI
KOTA PALU”**

**SKRIPSI
Tugas Akhir – 457D5236
PERIODE IV TAHUN 2018/2019**

Sebagai Persyaratan untuk Ujian Sarjana
Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota

**Oleh :
RAHMATULLAH HASAN
D521 15 304**



**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2019**



PENGESAHAN

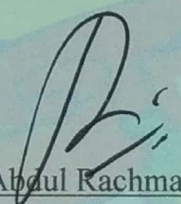
SKRIPSI

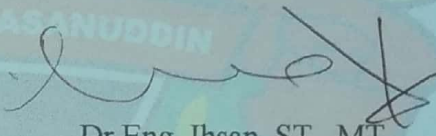
PROYEK : TUGAS SARJANA DEPARTEMEN PERENCANAAN
WILAYAH DAN KOTA
JUDUL : ARAHAN KAWASAN TANGGAP BENCANA LIKUIFAKSI
KOTA PALU
PENYUSUN : RAHMATULLAH HASAN
STAMBUK : D52115304
PERIODE : IV - TAHUN 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., Msi.
NIP. 19741006 200812 1 002


Dr. Eng. Ihsan, ST., MT.
NIP. 19710219 199903 1 002

Mengetahui,
Ketua Departemen PWK
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Dr. Ir. Hj. Mimat Arifin, M.Si.
NIP. 19661218 199303 2 001



ARAHAN KAWASAN TANGGAP BENCANA LIKUIFAKSI KOTA PALU

Rahmatullah Hasan¹⁾, Abdul Rachman Rasyid²⁾, Ihsan³⁾

ABSTRAK

Salah satu dampak yang disebabkan oleh gempa bumi adalah fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat dari getaran gempa yang biasa disebut dengan likuifaksi. Beberapa waktu lalu, terjadi gempa bumi dengan skala besar yang menyebabkan terjadinya likuifaksi di Kota Palu, tepatnya di Daerah Balaroa dan Daerah Petobo. Dampak dari peristiwa tersebut adalah rusaknya permukiman, sarana dan prasarana, infrastruktur, serta menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi kawasan budidaya tanggap bencana likuifaksi Kota Palu. Tujuan penelitian ini yaitu (1) mengetahui pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu, (2) mengidentifikasi kesesuaian peruntukkan kawasan terhadap pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu, dan (3) mengetahui arahan pengembangan kawasan berbasis mitigasi likuifaksi di Kota Palu. Penelitian ini dilakukan di Kota Palu. Pengumpulan data dilakukan melalui survey lapangan (wawancara dan dokumentasi), studi kepustakaan, dan kunjungan instansi. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis spasial yaitu overlay dan skoring. Likuifaksi yang terjadi di Kota Palu bergerak ke dua arah yang berbeda. Namun arah pergerakannya mengikuti topografi lahan Kota Palu, yakni dari dataran tinggi ke dataran rendah. Hasil analisis tingkat kerawanan likuifaksi menunjukkan bahwa setiap kecamatan yang ada di Kota Palu memiliki area yang rawan likuifaksi. Area yang rawan likuifaksi diarahkan untuk dikembangkan sebagai kawasan peruntukkan ruang terbuka hijau (RTH), suaka alam dan cagar budaya, dan pariwisata.

Kata kunci : likuifaksi, kawasan budidaya, mitigasi, Palu

¹⁾Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Email: rahmatullahhasan25@gmail.com

²⁾Lab. Perencanaan Regional, Pariwisata, dan Mitigasi Bencana, Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Email: ranchman_rasyid@gmail.com

³⁾Lab. Perencanaan Regional, Pariwisata, dan Mitigasi Bencana, Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email:
ace.ihsan@gmail.com



IDENTIFICATION OF LIQUEFACTION DISASTER RESPONSES CULTIVATION AREA IN PALU CITY

Rahmatullah Hasan¹⁾, Abdul Rachman Rasyid²⁾, Ihsan³⁾

ABSTRACT

One of the impact caused by the earthquake is the phenomenon of loss of the strength of the soil layer due to the earthquake shake that is commonly called liquefaction. A few months ago, a large-scale earthquake occurred that caused liquefaction in the city of Palu, especially in Balaroa and Petobo areas. Beside the casualties, the impact of the earthquake was the destruction of settlements, facilities and various infrastructure. Therefore, it is important to identify the liquefaction disaster response cultivation area of Palu City. The purpose of this research are, 1). To identify the pattern of liquefaction movement in Palu city, (2) to identify the suitability of designation areas to the pattern of liquefaction movements in Palu City, and (3) to identify the direction of development of liquefaction mitigation zone in Palu City. This research that was conducted in the city of Palu. Data collection was conducted through field surveys (interviews and documentation), literature studies, and institutional visits. The analysis technique used was spatial analysis with the overlay method and scoring. Liquefaction that occurred in Palu City moved in two different directions. But the direction of the movement follows the topography of the Palu City, which is from the highlands to the lowlands. The results of the liquefaction vulnerability analysis show that each sub-district in Palu City has a vulnerable area of liquefaction. Areas susceptible to liquefaction are directed to be developed as designated areas for green open space (RTH), nature reserves and cultural reserves, and tourism..

Keywords : liquefaction, cultivation area, mitigation, Palu

¹⁾Department of Urban and Regional Planning, Enggining Faculty, Hasanuddin University, Email: rahmatullahhasan25@gmail.com

²⁾Lab. Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation , Department of Urban and Regional Planning, Enggining Faculty, Hasanuddin University, Email:ranchman_rasyid@gmail.com

³⁾ Lab. Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation , Department of Urban and Regional Planning, Enggining Faculty, Hasanuddin University, Email: ace.ihsan@gmail.com



KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan karunia-Nyasehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Dalam penyusunan tugas akhir berjudul “Identifikasi Kawasan Budidaya Tanggap Bencana Likuifaksi Kota Palu” ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, melalui tulisan ini penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. selaku Pembimbing I dan Bapak Dr.Eng. Ihsan, ST.,MT. selaku Pembimbing II sekaligus kepala *Laboratory of Regional, Tourism, and Disaster Mitigation* yang telah memeberikan arahan dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak dan Ibu dosen di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu sebagai bekal penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan baik itu dari segi penulisan, isi, dan lain sebagainya, maka penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran guna perbaikan untuk penyusunan skripsi dan sejenisnya untuk selanjutnya.

Demikianlah sebagai pengantar kata, dengan iringan serta harapan semoga tulisan ini dapat diterima dan bermanfaat bagi pembaca.

Gowa, April 2019

Penulis

Rahmatullah Hasan



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmatullah Hasan
NIM : D521 15 304
Fakultas / Departemen : Teknik / Perencanaan Wilayah dan Kota

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi : “Arahan Kawasan Tanggap Bencana Likuifaksi Kota Palu” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gowa, Mei 2019
Yang membuat pernyataan,

Rahmatullah Hasan



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan arahan, bantuan, dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, melalui tulisan ini penulis hendak menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rezeki berupa kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan keadaan sehat.
2. Kedua orang tua tercinta, Opuku tersayang, Maneng Aksa, S.Pd dan Puangku tercinta, Drs. Syafaruddin yang selalu memberikan semangat dan menanyakan keadaan penulis melalui telepon hampir setiap hari.
3. Kakakku, Ni'matullah Hasan, serta kedua adikku, Tariq Hidayatullah Hasan dan Nur Hidayatullah Hasan yang selalu menjadi pendengar yang baik. Terima kasih atas beberapa nasehatnya ketika penulis mulai cengeng.
4. Kedua dosen pembimbing, Bapak Dr.Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. dan Bapak Dr.Eng. Ihsan, ST., MT. yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis mulai dari pemilihan judul tugas akhir sampai penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Kepala Departemen, Ibu Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si. serta Kepala Studio Akhir Periode I Tahun 2019/2020, Ibu Dr. Techn. Yashinta Kumala Dewi Sutopo, ST., MIP. Terima kasih telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis selama penulisan skripsi ini.
6. Kepada semua Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang namanya tidak dapat penulis tuliskan satu persatu terima kasih telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama penulis menuntut ilmu di bangku perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun.
7. Staf akademik, Pak Herul dan Pak Arman, terima kasih karena selalu sabar saat direpotkan oleh penulis dalam pengurusan berkas-berkas administrasi di



Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

8. Kepada HMPWK FT-UH penulis ucapkan terima kasih karena telah mengajarkan penulis tentang solidaritas, senioritas, dan loyalitas yang tidak dapat penulis dapatkan di ruang-ruang perkuliahan.
9. Sahabatku sejak jaman SMP, Dwi Wulandari yang selalu memberikan lelucon serta mendengar curahan hati penulis saat penulis merasa lelah.
10. Keluarga kedua penulis, teman-teman ZONASI 15 yang telah memberikan warna di kehidupan kampus penulis, serta selalu membantu dan peduli kepada penulis selama penulis menuntut ilmu jauh dari keluarga.
11. Para gadis tempat berbagi cerita, Yola, Aje, Mita, Ratih, Desti, dan Dilla yang selalu berdebat dan berbagi cerita penting dan tidak penting sehingga penulis tidak pernah merasa sendiri selama penulis berada di kampus.
12. Teman-teman *Laboratory of Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation*, Maul, Eci, Cica, Arif, Albab, dan Eca yang menjadi teman satu ruangan dan tempat berbagi keresahan tentang skripsi selama satu semester, penulis ucapkan banyak terima kasih.
13. Teman-teman mahasiswa Universitas Tadulako, Dhana, Maya, Tika, Devin, Amad, Uki, Wahyu, dan lain-lain yang namanya tidak sempat penulis tuliskan satu persatu, terima kasih telah membantu dan mendampingi penulis selama melakukan survey di Kota Palu yang sebelumnya menjadi tempat yang asing bagi penulis sebelum mulai menyusun tugas akhir. Terkhusus kepada Andika dan Alif, terima kasih telah membantu penulis dalam memenuhi kebutuhan data yang tidak sempat penulis kumpulkan selama survey sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai dengan baik.
14. Senior yang baru penulis temui saat penyusunan tugas akhir, Kak Ita, terima kasih karena memberikan inspirasi baru kepada dosen pembimbing penulis untuk mengganti judul skripsi penulis.
15. Kepada saudaraku, Icep dan Iqbal, terima kasih telah mengajarkan tentang penggunaan ArcGis dan SasPlanet kepada penulis. Tanpa pengetahuan tentang kedua aplikasi tersebut penulisan tugas akhir ini tidak akan selesai.



16. Teman-teman dan kanda-kanda senior Studio Akhir Periode I tahun 2019/2020 yang selalu menghiasi hari-hari penulis selama mengerjakan skripsi di Studio Akhir.
17. Kanda Senior, Achmad Sulareza Ami Lucky, ST., selaku Pembimbing Teknis Kerja Praktek Profesi di KOTAKU selama penulis menjalani masa KP. Terima kasih telah mengajari banyak hal kepada penulis termasuk cara menggunakan ArcGiss dan menyusun dokumen perencanaan. Serta terima kasih atas kesabaran dan pengertiannya sehingga kegiatan kampus penulis tidak pernah bertabrakan dengan jadwal KP penulis.
18. Peserta KKN Gelombang 99 khususnya posko Kecamatan Simbang, Riska, Leha, Difa, Muhlis, Rio, Kak Harits, Titi, Mila, Nasrul, Fatur, Akbar, Vivi, Kak Irwan, Kak Angga, Kak Yoga, Kak Ari, Tika, Kiki, Syukar, Said, dan Kak Muhlis, terima kasih karena telah memberikan kenangan selama masa KKN yang singkat.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Semoga Allah SWT meridhoi usaha yang kita lakukan. Aamiin.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Pembahasan	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II STUDI LITERATUR	6
2.1 Bencana Likuifaksi	6
2.2 Kriteria Penentuan Kawasan Budidaya	8
2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pengembangan Kawasan Area Rawan Bencana Likuifaksi	13
2.4 Mitigasi Bencana Likuifaksi	14
2.5 Penelitian Terdahulu	24
2.6 Definisi Operasional	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian	31



3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.3 Kebutuhan Data	31
3.4 Teknik Pengumpulan Data	32
3.5 Variabel Penelitian	34
3.6 Metode Analisis	35
3.7 Kerangka Pikir Penelitian	38
BAB IV GAMBARAN UMUM	39
4.1 Kondisi Umum Wilayah	39
4.2 Kegempaan	46
4.3 Likuifaksi di Kota Palu	50
BAB V HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	56
5.1 Pola Pergerakan Likuiaksi di Kota Palu	56
5.2 Kesesuaian Peruntukan Kawasan Terhadap Pola Pergerakan Likuiaksi d Kota Palu	62
5.3 Arahan Pengembangan Kawasan Tanggap Bencana Likuifaksi Kota Palu	67
BAB VI PENUTUP	69
6.1 Kesimpulan	69
6.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	xv
CV PENULIS	xxv



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skoring Kelas Lereng	9
Tabel 2.2 Skoring Kelas Jenis Tanah	10
Tabel 2.3 Skoring Kelas Curah Hujan	10
Tabel 2.4 Peruntukan Ruang Kawasan Rawan Gempa Bumi Berdasarkan Tipologi Kawasan	17
Tabel 2.5 Persyaratan Peruntukan Ruang Kkawasann Rawan Gempa Bumi	18
Tabel 2.6 Arah Peruntukan Ruang Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Tingkat Kerawanan Tinggi, Sedang, dan Rendah	23
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1 Kebutuhan Data Sekunder	32
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	34
Tabel 3.3 Penentuan Nilai Skor dalam Pengklasifikasian Daerah Rawan Bencana Likuifaksi	36
Tabel 4.1 Luas Kota Palu Menurut Kecamatan	39
Tabel 4.2 Kejadian Gempa Bumi Bulan Oktober – September	47
Tabel 5.1 Jumlah Kerusakan Akibat Likuifaksi di Balaroa	58
Tabel 5.2 Jumlah Kerusakan Akibat Likuifaksi di Petobo	60
Tabel 5.3 Tngkat Kerawanan Likuifaksi Menggunakan Tiga Indikator	63
Tabel 5.4 Tingkat Kerawanan Likuifaksi Menggunakan Empat Indikator	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Studi	4
Gambar 2.1 Tipologi Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Hasil Kajian Hidrogeomorfologi	21
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian	38
Gambar 4.1 Peta Jenis Tanah Kota Palu	41
Gambar 4.2 Peta Kemiringan Lereng Kota Palu	43
Gambar 4.3 Peta Jenis Tanah Kota Palu	44
Gambar 4.4 Peta Kedalaman Muka Air Tanah Kota Palu	45
Gambar 4.5 Peta Percepatan Gempa Kota Palu	49
Gambar 4.6 Citra Satelit Balaroa Sebelum Bencana Likuifaksi	50
Gambar 4.7 Citra Satelit Balaroa Setelah Bencana Likuifaksi	51
Gambar 4.8 Kerusakan Akibat Likuifaksi	51
Gambar 4.9 Perbedaan Ketinggian Permukaan Tanah Setelah Likuifaksi	52
Gambar 4.10 Potongan Lahan Terdampak Likuifaksi di Balaroa	52
Gambar 4.11 Citra Satelit Petobo Sebelum Bencana Likuifaksi	53
Gambar 4.12 Citra Satelit Petobo Setelah Bencana Likuifaksi	53
Gambar 4.13 Permukiman Rata dengan Tanah Akibat Likuifaksi	54
Gambar 4.14 Potongan Lahan Terdampak Likuifaksi di Petobo	55
Gambar 5.1 Likuifaksi yang Terjadi di Balaroa dan Petobo	56
Gambar 5.2 Perubahan Letak Permukiman Akibat Likuifaksi di Balaroa	57
Gambar 5.3 Perubahan Letak Permukiman Akibat Likuifaksi di Petobo	59
Gambar 5.4 Peta Arah Pergerakan Lahan Akibat Likuifaksi	61
Gambar 5.5 Pemetaan Pertama Tingkat Kerawanan Bencana Likuifaksi	65
Gambar 5.6 Pemetaan Kedua Tingkat Kerawanan Bencana Likuifaksi	66
Gambar 5.7 Arah Pengembangan Kawasan Berbasis Mitigasi Likuifaksi	68



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Perhitungan Tingkat Kerawanan Likuifaksi dengan Tiga Indikator.....	xv
Lampiran 2	Tabel Perhitungan Tingkat Kerawanan Likuifaksi Berdasarkan Indikator Jenis Tanah	xxii
Lampiran 3	Tabel Perhitungan Tingkat Kerawanan Likuifaksi Berdasarkan Indikator Percepatan Gempa	xxiii
Lampiran 4	Tabel Perhitungan Tingkat Kerawanan Likuifaksi Berdasarkan Indikator Kedalaman Muka Air Tanah	xxiv



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Posisi Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng benua Australia, lempeng Benua Eurasia, dan lempeng Samudera Pasifik, sehingga terbentuklah jalur gunung api aktif dan jalur gempa bumi. Adanya tumbukan lempeng-lempeng tersebut maka terjadi zona penunjaman yang merupakan jalur gempa bumi dan membentuk *undulasi* di busur kepulauan dengan kemiringan terjal sampai sangat terjal. Disamping itu, Indonesia terletak di daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi, dan memiliki topografi yang bervariasi. Secara geologis, geomorfologis, dan klimatologis Indonesia selalu dihadapkan pada bencana alam seperti letusan gunung api, gempa bumi, longsor lahan, dan banjir.

Salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi. Fenomena gempa sendiri merupakan permasalahan global yang tidak dapat dicegah terjadinya namun dapat diminimalisir kerugian terhadap manusia. Gempa besar yang beberapa juga diikuti oleh terjadinya gelombang tsunami telah merenggut ribuan korban jiwa sebagai contoh yang terjadi di daerah Aceh, Padang, Pangandaran, Yogyakarta, hingga di Palu. Fenomena diatas hanyalah beberapa peristiwa, diantara sejumlah peristiwa gempa lain yang terjadi di Negara Indonesia ini sebagai wilayah dengan tatanan tektonik dari pertemuan tiga lempeng besar yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia.

Palu merupakan salah satu daerah yang sering terjadi Gempa dan mempunyai seismisitas tinggi. Salah satu dampak yang disebabkan oleh gempa bumi adalah fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat dari getaran gempa yang biasa disebut dengan likuifaksi. Likuifaksi merupakan gejala tanah pasir lepas yang bercampur dengan air akibat goncangan gempa dimana



gaya pemicu melebihi gaya yang dimiliki litologi setempat dalam menahan guncangan. 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 tergantung oleh material non kohesif. Likuifaksi merupakan bencana yang bisa merusak kondisi infrastruktur sehingga pengetahuan terhadap potensi dan kerawanan likuifaksi sangat penting terutama dalam merencanakan tata ruang khususnya di daerah Palu dan sekitarnya.

Beberapa waktu lalu, terjadi gempa bumi dengan skala besar yang menyebabkan terjadinya likuifaksi di Kota Palu, tepatnya di Daerah Balaroa dan Daerah Petobo. Dampak dari peristiwa tersebut adalah rusaknya permukiman, sarana dan prasarana, infrastruktur, serta menimbulkan korban jiwa.

Daerah Balaroa terletak di Kecamatan Palu Barat. Dari data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), likuifaksi yang terjadi di lokasi ini menyebabkan ± 40 Ha lahan rusak dan 1.357 bangunan hancur. Sedangkan Daerah Petobo terletak di Kecamatan Palu Selatan. Luas lahan terdampak likuifaksi di daerah ini adalah $\pm 181,5$ Ha dengan jumlah bangunan yang rusak adalah 2.050 bangunan. Fenomena likuifaksi yang terjadi di Daerah Balaroa dan Daerah Petobo adalah *flow* liquifaction atau likuifaksi aliran. Fenomena ini dapat menyebabkan *lateral spreading* dan *landslides*. Akibat dari likuifaksi ini adalah bangunan berpindah tempat sejauh beberapa meter dari lokasi awalnya.

Berdasarkan peristiwa tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mengidentifikasi kawasan budidaya tanggap bencana likuifaksi di Kota Palu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu?



2. Bagaimana kesesuaian peruntukan kawasan terhadap pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu?
3. Bagaimana arahan pengembangan kawasan tanggap bencana likuifaksi Kota Palu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu.
2. Mengidentifikasi kesesuaian peruntukan kawasan terhadap pola pergerakan likuifaksi di Kota Palu.
3. Mengetahui arahan pengembangan kawasan tanggap bencana likuifaksi Kota Palu.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang ingin dicapai, maka manfaat penelitian ini antara lain :

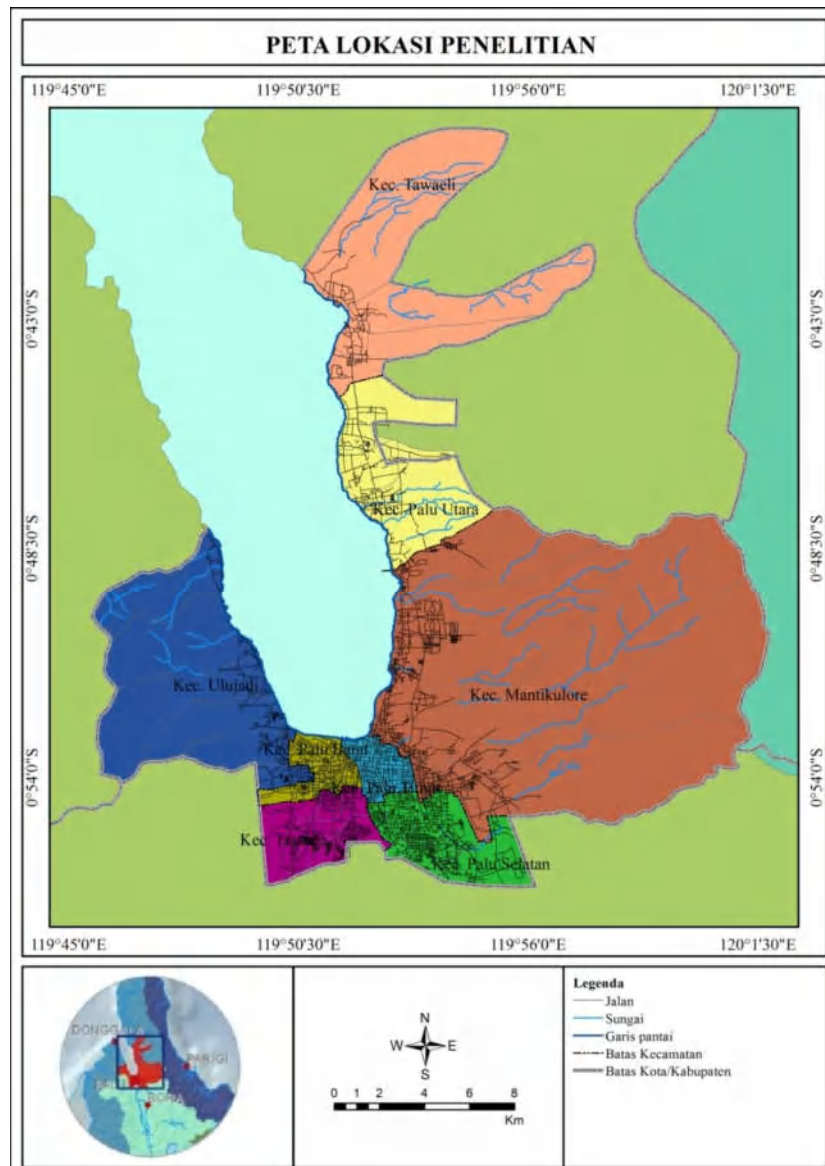
1. Menjadi salah satu bahan perbandingan bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian terkait identifikasi kawasan budidaya berbasis mitigasi likuifaksi.
2. Menjadi masukan atau pertimbangan bagi pemerintah dalam merumuskan arahan pengembangan yang sesuai dengan kemampuan lahan yang berwawasan ekologi lingkungan di Kota Palu.
3. Menambah wawasan dan pemahaman masyarakat setempat dan pihak swasta tentang kondisi eksisting lokasi penelitian, sehingga menumbuhkan rasa waspada serta memotivasi masyarakat itu sendiri untuk ikut menjaga kawasan-kawasan yang tergolong rawan bencana likuifaksi.



1.5 Ruang Lingkup Pembahasan

1. Ruang Lingkup Lokasi

Penelitian dilakukan di Kota Palu dengan luas lokasi penelitian sebesar 61.841,29 km². Pemilihan lokasi dilakukan berdasarkan kondisi Kota Palu yang sering mengalami gempa bumi, dimana gempa bumi merupakan salah satu penyebab terjadinya bencana likuifaksi.



Gambar 1.1 Lokasi Studi



2. Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi dalam penelitian ini yaitu peneliti melakukan identifikasi pola pergerakan likuifaksi serta lahan yang aman dari bencana likuifaksi untuk kawasan budidaya di Kota Palu.

1.6 Sistematika Laporan

Adapun sistematika laporan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan, merupakan bab pendahuluan yang berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka, memuat berbagai hal menyangkut kajian kepustakaan berupa teori-teori, kajian literatur, kebijakan-kebijakan serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III Metode Penelitian, menjelaskan tentang metode-metode yang dilakukan dalam penelitian, diantaranya lokasi penelitian, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

BAB IV Gambaran Umum, berisi kondisi eksisting lokasi studi yang meliputi kondisi geografis, kondisi topografi dan kemiringan lereng, kondisi geologi, fungsi lahan, dan riwayat bencana.

BAB V Analisis dan Pembahasan, berisi tentang hasil analisis yang telah dilakukan serta pembahasan yang berkaitan dengan rumusan masalah.

BAB VI Penutup, berisi kesimpulan dan saran terkait dengan studi kawasan budidaya tanggap bencana likuifaksi.



BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Bencana Likuifaksi

2.1.1 Pengertian Likuifaksi

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dicegah. Gelombang gempa menimbulkan guncangan tanah pada suatu kondisi tertentu dan salah satunya dapat menyebabkan likuifaksi. Likuifaksi atau pencairan tanah merupakan fenomena dimana tanah menjadi jenuh sehingga kehilangan kekakuan serta kekuatan karena adanya tegangan, misalnya gempa bumi ataupun perubahan lain secara mendadak dan menyebabkan sifat tanah yang padat berubah menjadi cairan atau air berat. Karena tanah berubah menjadi cairan maka paling beresiko adalah tempat yang memiliki tipe tanah berpasir, karena pasir cenderung memiliki pori atau rongga dan mudah untuk terkena tarikan. Hilangnya struktur tanah akibat kehilangan kekuatan atau kemampuan untuk memindahkan tegangan geser inilah yang disebut sebagai pencairan.

Seed, dkk (1975) dalam Balamba, dkk (2013), menyatakan bahwa likuifaksi adalah proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair akibat meningkatnya tekanan air pori yang harganya menjadi sama dengan tekanan total oleh sebab terjadinya beban dinamik, sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol. Likuifaksi adalah fenomena dimana tanah kehilangan banyak kekuatan (*strength*) dan kekakuannya (*stiffness*) untuk waktu yang singkat namun meskipun demikian likuifaksi menjadi penyebab dari banyaknya kerusakan, kematian, dan kerugian ekonomi yang besar.

Lapisan tanah yang peka terhadap likuifaksi, umumnya berhubungan dengan endapan sedimen kuarter seperti aliran sungai, lembah daratan kuarter, sejarah pasang surut daratan, rawa, payau, estuari, pantai, endapan anau, dan endapan gumuk pasir lepas. Material lapisan tanah yang dibentuk



tersebut oleh proses pergerakan sehingga mengalami pemisahan dan membentuk distribusi ukuran butir seragam dalam kondisi lepas yang memungkinkan untuk terjadinya proses likuifaksi.

2.1.2 Penyebab Likuifaksi

Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa. Likuifaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) dan jenuh air (Towhata, 2008, dalam Taufana, 2013). Saat likuifaksi terjadi lapisan pasir berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya. Suatu proses hilangnya kekuatan geser tanah akibat kenaikan tegangan air pori tanah yang timbul akibat beban siklis (*cyclic mobility*). Hal ini dapat terjadi pada suatu deposit tanah yang tidak kohesif (*cohesionless*) dan jenuh air (*saturated*) menerima beban siklik dengan kondisi pembebanan *undrained*.

Meskipun terjadi gempabumi, namun ada beberapa kondisi yang harus terpenuhi sehingga terjadi likuifaksi. Pertama, lapisan tanah berupa tanah pasir bersifat lepas (gembur). Kedua, kedalaman muka air tanah tergolong dangkal (kurang dari -4,0 m dari permukaan tanah). Ketiga, guncangan gempa bumi lebih dari 6 skala richter. Keempat, durasi guncangan gempa bumi lebih dari 1 menit dan kelima percepatan gempa bumi lebih dari 0,1 g.

Kepala Badan Geologi Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) Rudy Suhendar dalam situs IDN Times <https://www.idntimes.com/news/indonesia/ita-malau/ini-penjelasan-ilmiah-penyebab-likuifaksi-di-donggala-palu> mengatakan bahwa penyebab terjadinya likuifaksi antara lain :

1. Likuifaksi terjadi di kawasan dengan tanah aluvium.

Dalam istilah geologi, tanah aluvium disebut juga tanah muda. Hitungan tanah muda dalam hal ini adalah ratusan tahun. Potensi penyebab terjadinya likuifaksi dari ketebalan lapisan pasir.



Likuifaksi terjadi karena adanya guncangan, sehingga menyebabkan lepasnya daya dukung tanah. Tanah dengan lapisan pasir yang tebal lebih berpotensi mengalami likuifaksi dibandingkan dengan tanah dengan lapisan pasir yang tipis.

2.1.3 Dampak Likuifaksi

Fenomena likuifaksi terjadi seiring terjadinya gempa bumi. Secara visual peristiwa likuifaksi 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.

Likuifaksi terbagi menjadi dua jenis, yaitu semburan air yang ada dari dalam tanah keluar memancar layaknya air mancur dan merusak struktur tanah sekaligus. Bisa juga kejadian lapisan pasir yang terbawa gempa sangat kuat sehingga air yang ada terperas dan mengalir membawa lapisan tanah. Kejadian ini juga sama halnya dengan likuifaksi pertama, sama-sama akan menghanyutkan tanah.

Ada beberapa dampak yang dapat ditimbulkan likuifaksi, diantaranya :

1. Tanah bergeser, khususnya rumah dan bangunan yang ada di atasnya akan roboh atau ikut bergeser.
2. Permukaan tanah menjadi turun dan membuat perbedaan permukaan sehingga area tersebut akan seperti bukit ada yang turun dan naik permukaannya.
3. Material di atas tanah dapat hanyut semua.

2.2 Kriteria Penentuan Kawasan Budidaya



Menurut Permen PU No. 41/PRT//M/2007, kawasan budidaya adalah wilayah ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan isi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan. Kawasan budidaya menurut Permen PU No.41/PRT/M/2007 meliputi kawasan

peruntukan hutan produksi, kawasan peruntukan pertanian, kawasan peruntukan pertambangan, kawasan peruntukan permukiman, kawasan peruntukan industri, kawasan peruntukan pariwisata, dan kawasan peruntukan perdagangan dan jasa.

2.2.1 Kawasan Peruntukan Hutan Produksi

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 83/KPTS/UM/8/1981, penetapan batas hutan produksi sebagai berikut :

1. Parameter yang diperhatikan dan diperhitungkan dalam penetapan hutan produksi adalah lereng (kemiringan) lapangan, jenis tanah, dan intensitas hujan;
2. Untuk keperluan penilaian fisik wilayah, setiap parameter tersebut dibedakan dalam 5 tingkatan (kelas) yang diuraikan dengan tingkat kepekaannya terhadap erosi. Makin tinggi nilai kelas parameter makin tinggi pula tingkat kepekaannya terhadap erosi;
3. Skoring fisik wilayah ditentukan oleh total nilai kelas ketiga parameter setelah masing-masing nilai kelas parameter dikalikan dengan bobot 20 untuk parameter lereng, bobot 15 untuk parameter jenis tanah, dan bobot 10 untuk parameter intensitas hujan (lihat tabel 2.1, 2.2 dan 2.3);

Tabel 2.1 Skoring Kelas Lereng

Kelas Lereng	Kisaran Lereng	Keterangan	Hasil Nilai Kelas x Bobot
1	0 – 8	Datar	20
2	8 – 15	Landai	40
3	15 – 25	Agak curam	60
4	25 – 45	Curam	80
5	≥ 45	Sangat curam	100

Sumber : Penanganan Khusus Kawasan Puncak “Kriteria Lokasi & Standar Teknik”, Dept. Kimparsil dalam Permen PU No. 41/PRT//M/2007



Tabel 2.2 Skoring Kelas Jenis Tanah

Kelas Tanah	Kelompok Jenis Tanah	Kepekaan Terhadap Erosi	Hasil Nilai Kelas x Bobot
1	Aluvial, tanah, glei, planossol, hidromorf kelabu, literite air	Tidak peka	15
2	Latosol	Agak peka	30
3	Brown forest soil, non calcic	Kurang peka	45
4	Andosol, lateric gromusol, podsolik	Peka	60
5	Regosol, litosol organosol, renzine	Sangat peka	75

Sumber : Penanganan Khusus Kawasan Puncak “Kriteria Lokasi & Standar Teknik”, Dept. Kimparsil dalam Permen PU No. 41/PRT//M/2007

Tabel 2.3 Skoring Kelas Curah Hujan

Kelas Intensitas Hujan	Kisaran Curah Hujan (mm/hari hujan)	Keterangan	Hasil Nilai Kelas x Bobot
1	Aluvial, tanah, glei, planossol, hidromorf kelabu, literite air	Tidak peka	10
2	Latosol	Agak peka	20
3	Brown forest soil, non calcic	Kurang peka	30
4	Andosol, lateric gromusol, podsolik	Peka	40
5	Regosol, litosol organosol, renzine	Sangat peka	50

Sumber : Penanganan Khusus Kawasan Puncak “Kriteria Lokasi & Standar Teknik”, Dept. Kimparsil dalam Permen PU No. 41/PRT//M/2007

4. Berdasarkan hasil penjumlahan skoring ketiga parameter tersebut yaitu lereng, jenis lahan, dan intensitas hujan suatu wilayah hutan dinyatakan memenuhi syarat untuk ditetapkan sebagai:

- 1) Hutan Produksi Tetap jika memiliki skoring fisik wilayah dengan nilai < 125; tidak merupakan kawasan lindung; serta berada di luar



hutan suaka alam, hutan wisata dan hutan produksi tetap, hutan produksi terbatas, dan hutan konversi lainnya;

- 2) Hutan Produksi Terbatas jika memiliki skoring fisik wilayah dengan nilai 125 - 175; tidak merupakan kawasan lindung; mempunyai satuan bentangan sekurang-kurangnya 0,25 Ha (pada ketelitian skala peta 1 : 10.000); serta bisa berfungsi sebagai kawasan penyangga;
- 3) Hutan Produksi yang Dapat Dikonversi jika memiliki skoring fisik wilayah dengan nilai > 175 ; tidak merupakan kawasan lindung; dicadangkan untuk digunakan bagi pengembangan kegiatan budi daya lainnya; serta berada di luar hutan suaka alam, hutan wisata dan produksi tetap, hutan produksi terbatas, dan hutan konversi lainnya.

2.2.2 Kawasan Peruntukan Pertanian

Karakteristik kawasan peruntukan pertanian terdiri dari pertanian lahan basah, pertanian lahan kering dan pertanian tanaman tahunan.

2.2.3 Kawasan Peruntukan Pertambangan

Karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan untuk kawasan peruntukan pertambangan golongan bahan galian C :

1. Bahan galian terletak di daerah dataran, perbukitan yang bergelombang atau landai {kemiringan lereng antara ($0^\circ - 17^\circ$), curam ($17^\circ - 36^\circ$) hingga sangat curam ($> 36^\circ$)}, pada alur sungai, dan cara pencapaian;
2. Lokasi tidak berada di kawasan hutan lindung;
3. Lokasi tidak terletak pada bagian hulu dari alur-alur sungai (yang umumnya bergradien dasar sungai yang tinggi);
4. Lokasi penggalian di dalam sungai harus seimbang dengan kecepatan sedimentasi;

Jenis dan besarnya cadangan/deposit bahan tambang secara ekonomis menguntungkan untuk dieksplorasi;

Lokasi penggalian tidak terletak di daerah rawan bencana alam seperti gerakan tanah, jalur gempa, bahaya letusan gunung api, dan sebagainya.



2.2.4 Kawasan Peruntukan Permukiman

Karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan:

1. Topografi datar sampai bergelombang (kelerengan lahan 0 - 25%);
2. Tersedia sumber air, baik air tanah maupun air yang diolah oleh penyelenggara dengan jumlah yang cukup. Untuk air PDAM suplai air antara 60 liter/org/hari - 100 liter/org/hari;
3. Tidak berada pada daerah rawan bencana (longsor, banjir, erosi, abrasi);
4. Drainase baik sampai sedang;
5. Tidak berada pada wilayah sempadan sungai/pantai/waduk/danau/mata air/saluran pengairan/rel kereta api dan daerah aman penerbangan;
6. Tidak berada pada kawasan lindung;
7. Tidak terletak pada kawasan budi daya pertanian/penyangga;
8. Menghindari sawah irigasi teknis.

2.2.5 Kawasan peruntukan industri

Karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan kawasan peruntukan industri yang berorientasi bahan mentah :

1. Kemiringan lereng : kemiringan lereng yang sesuai untuk kegiatan industri berkisar 0% - 25%, pada kemiringan > 25% - 45% dapat dikembangkan kegiatan industri dengan perbaikan kontur, serta ketinggian tidak lebih dari 1000 meter dpl;
2. Hidrologi : bebas genangan, dekat dengan sumber air, drainase baik sampai sedang;
3. Klimatologi : lokasi berada pada kecenderungan minimum arah angin yang menuju permukiman penduduk;
4. Geologi : dapat menunjang konstruksi bangunan, tidak berada di daerah rawan bencana longsor;
5. Lahan : area cukup luas minimal 20 ha; karakteristik tanah bertekstur sedang sampai kasar, berada pada tanah marginal untuk pertanian.



2.2.6 Kawasan Peruntukan Pariwisata

Karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan:

1. Memiliki struktur tanah yang stabil;
2. Memiliki kemiringan tanah yang memungkinkan dibangun tanpa memberikan dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan;
3. Merupakan lahan yang tidak terlalu subur dan bukan lahan pertanian yang produktif;
4. Memiliki aksesibilitas yang tinggi;
5. Tidak mengganggu kelancaran lalu lintas pada jalur jalan raya regional;
6. Tersedia prasarana fisik yaitu listrik dan air bersih;
7. Terdiri dari lingkungan/bangunan/gedung bersejarah dan cagar budaya;
8. Memiliki nilai sejarah, ilmu pengetahuan dan budaya, serta keunikan tertentu;
9. Dilengkapi fasilitas pengolahan limbah (padat dan cair).

2.2.7 Kawasan peruntukan perdagangan dan jasa

Karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan:

1. Tidak terletak pada kawasan lindung dan kawasan bencana alam;
2. Lokasinya strategis dan mudah dicapai dari seluruh penjuru kota;
3. Dilengkapi dengan sarana antara lain tempat parkir umum, bank/ATM, pos polisi, pos pemadam kebakaran, kantor pos pembantu, tempat ibadah, dan sarana penunjang kegiatan komersial serta kegiatan pengunjung;
4. Terdiri dari perdagangan lokal, regional, dan antar regional.

2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pengembangan Kawasan di Area Rawan Bencana Likuifaksi

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi geografis. SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan



dalam menangani data informasi yang bereferensi geografi yaitu masukan, manajemen data, analisis dan manipulasi data, dan keluaran (Abdul Rahman Rasyid, dkk, 2012:4).

Kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis spasial (keruangan) dan fungsi atribut (basisdata atribut). Fungsi analisis SIG terdiri dari klasifikasi (*reclassify*), jaringan (*network*), tumpang tindih (*overlay*), *buffering*, analisis 3 dimensi (*3D analysis*), dan pengolahan citra digital (*digital image processing*).

Kelebihan SIG terutama berkaitan dengan kemampuannya dalam menggabungkan berbagai data yang berbeda struktur, format, dan tingkat ketepatan sehingga memungkinkan integrasi berbagai disiplin keilmuan yang sangat diperlukan dalam pemahaman fenomena bahaya likuifaksi dapat dilakukan lebih cepat. Salah satu kemudahan utama penggunaan SIG dalam pemetaan bahaya likuifaksi adalah kemampuannya menumpangtindihkan area likuifaksi dalam unit peta tertentu sehingga dapat dianalisis secara kuantitatif.

2.4 Mitigasi Bencana Likuifaksi

Jika mengamati proses terjadinya likuifaksi sebenarnya mudah, namun permasalahan utamanya adalah likuifaksi ini tidak dapat dideteksi, berbeda dengan tsunami yang bisa dideteksi menggunakan alat. Likuifaksi sangat bergantung pada getaran dan gempa, sehingga tidak bisa dinilai bahwa gempa tersebut dapat menyebabkan pencairan tanah atau tidak.

Namun hal jelasnya bahwa fenomena gempa bumi yang terjadi di zona dengan tanah yang mengandung air tinggi sangat beresiko untuk terjadi likuifaksi. Biasanya fenomena ini terjadi untuk tanah yang dekat dengan laut atau pantai. Bisa juga terjadi gempa di area yang kaya akan air dan juga tanahnya berpasir.

likuifaksi bisa terjadi begitu saja.

Karena likuifaksi tidak dapat diteksi, maka untuk menghindari kemungkinan an yang diakibatkan likuifaksi maka perlu diperhatikan penentuan pola



ruang berbasis mitigasi gempa bumi dan longsor. Hal ini bisa menjadi acuan untuk tindak mitigasi bencana likuifaksi karena kasus likuifaksi sedikit mirip dengan tanah longsor karena kedua bencana tersebut sama-sama disebabkan oleh gerakan tanah. Bedanya, longsor juga dipengaruhi oleh kemiringan lereng, curah hujan dan dapat terjadi meski gempa yang terjadi skalanya kecil, sedangkan likuifaksi tidak dipengaruhi kemiringan lereng, oleh curah hujan dan hanya dapat terjadi jika ada gempa bumi dengan skala yang besar.

2.4.1 Pola Ruang Kawasan Rawan Gempa Bumi

Gempa bumi adalah berguncangnya bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif, aktivitas gunung berapi atau runtuhuan batuan. Tipe kawasan rawan gempa bumi ditentukan berdasarkan tingkat risiko gempa yang didasarkan pada informasi geologi dan penilaian kestabilan. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007, kawasan rawan gempa bumi dapat dibedakan menjadi (6) enam tipe kawasan yang diuraikan sebagai berikut:

1. Tipe A

Kawasan ini berlokasi jauh dari daerah sesar yang rentan terhadap getaran gempa. Kawasan ini juga dicirikan dengan adanya kombinasi saling melemahkan dari faktor dominan yang berpotensi untuk merusak. Bila intensitas gempa tinggi (*Modified Mercalli Intensity* / MMI VIII) maka efek merusaknya diredam oleh sifat fisik batuan yang kompak dan kuat.

2. Tipe B

- 1) Faktor yang menyebabkan tingkat kerawanan bencana gempa pada tipe ini tidak disebabkan oleh satu faktor dominan, tetapi disebabkan oleh lebih dari satu faktor yang saling mempengaruhi, yaitu intensitas gempa tinggi (MMI VIII) dan sifat fisik batuan menengah.
- 2) Kawasan ini cenderung mengalami kerusakan cukup parah terutama untuk bangunan dengan konstruksi sederhana.



3. Tipe C
 - 1) Terdapat paling tidak dua faktor dominan yang menyebabkan kerawanan tinggi pada kawasan ini. Kombinasi yang ada antara lain adalah intensitas gempa tinggi dan sifat fisik batuan lemah; atau kombinasi dari sifat fisik batuan lemah dan berada dekat zona sesar cukup merusak.
 - 2) Kawasan ini mengalami kerusakan cukup parah dan kerusakan bangunan dengan konstruksi beton terutama yang berada pada jalur sepanjang zona sesar.
4. Tipe D
 - 1) Kerawanan gempa diakibatkan oleh akumulasi dua atau tiga faktor yang saling melemahkan. Sebagai contoh gempa pada kawasan dengan kemiringan lereng curam, intensitas gempa tinggi dan berada sepanjang zona sesar merusak; atau berada pada kawasan dimana sifat fisik batuan lemah, intensitas gempa tinggi, di beberapa tempat berada pada potensi landaan tsunami cukup merusak.
 - 2) Kawasan ini cenderung mengalami kerusakan parah untuk segala bangunan dan terutama yang berada pada jalur sepanjang zona sesar.
5. Tipe E
 - 1) Kawasan ini merupakan jalur sesar yang dekat dengan episentrum yang dicerminkan dengan intensitas gempa yang tinggi, serta di beberapa tempat berada pada potensi landaan tsunami merusak. Sifat fisik batuan dan kelerengan lahan juga pada kondisi yang rentan terhadap guncangan gempa.
 - 2) Kawasan ini mempunyai kerusakan fatal pada saat gempa.
6. Tipe F
 - 1) Kawasan ini berada pada kawasan landaan tsunami sangat merusak dan di sepanjang zona sesar sangat merusak, serta pada daerah dekat dengan episentrum dimana intensitas gempa tinggi. Kondisi ini diperparah dengan sifat fisik batuan lunak yang terletak pada



kawasan morfologi curam sampai dengan sangat curam yang tidak kuat terhadap guncangan gempa.

2) Kawasan ini mempunyai kerusakan fatal pada saat gempa.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007, penentuan pola ruang kawasan rawan gempa bumi di daerah perkotaan dan perdesaan berdasarkan tingkat risiko bencana dijelaskan seperti pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Peruntukan Ruang Kawasan Rawan Gempa Bumi Berdasarkan Tipologi Kawasan

Peruntukan Ruang	Tipologi Kawasan											
	A		B		C		D		E		F	
	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa
Hutan produksi	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Hutan kota	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red
Hutan rakyat	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pertanian sawah	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pertanian semusim	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Perkebunan	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Peternakan	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Perikanan	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pertambangan	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Industri	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pariwisata	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Permukiman	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Perdagangan dan perkantoran	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Keterangan :

- Tidak layak untuk dibangun
- Dapat dibangun dengan syarat

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007



Tabel 2.5 Persyaratan Peruntukan Ruang Kawasan Rawan Gempa Bumi

Tipologi Kawasan	Penentuan Pola Ruang		Persyaratan Peruntukan Ruang	
	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan
A	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yakni hutan kota, permukiman, perdagangan dan perkantoran, industri, pariwisata. 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yaitu kehutanan, pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, pertambangan, permukiman, perdagangan dan perkantoran, serta pariwisata. 	KTP, KSP, KRP, KSK, KRK, KSI, KRI, WS.	KSP, KRP, KSPD, KRPD, KTLH, KSLH, KRLH, hutan produksi, hutan rakyat, pertambangan rakyat (batu dan pasir), WAK.
B	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya, dan dengan mempertimbangkan karakteristik alam. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yaitu hutan kota, permukiman, perdagangan dan perkantoran, industri, pariwisata. 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjang lainnya dengan mempertimbangkan karakteristik alam. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yaitu permukiman, perdagangan dan perkantoran, pertanian, perikanan, peternakan, perkebunan, pertambangan, kehutanan, pariwisata. 	KSP, KRP, KSK, KRK, KSI, KRI, WS.	KSP, KRP, KRPD, KSPD, KTLH, KSLH, KRLH, hutan produksi, hutan rakyat, pertambangan rakyat (batu dan pasir), WAK.
	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai 	KRP, KRK, KRI, WS	KRP, KRPD, KSPD, KTLH, KSLH,



Tipologi Kawasan	Penentuan Pola Ruang		Persyaratan Peruntukan Ruang	
	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan
	berbagai infrastruktur penunjangnya. <ul style="list-style-type: none"> Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yaitu hutan kota, permukiman, perdagangan dan perkantoran, industri, pariwisata. 	infrastruktur penunjangnya. <ul style="list-style-type: none"> Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan yaitu permukiman, perdagangan dan perkantoran, pertanian, perikanan, peternakan, perkebunan, kehutanan, pariwisata. 		KRLH, hutan produksi, hutan rakyat, WAK.
D	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan adalah hutan kota. 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya. Jenis kegiatan yang dapat dikembangkan adalah pariwisata alam. 		WA, WS.
E	<ul style="list-style-type: none"> Tidak berpotensi untuk dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya, mengingat tingkat bahaya yang diakibatkan sangat tinggi. Kegiatan tidak dapat dikembangkan mengingat intensitas gempa yang tinggi, serta di beberapa tempat 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak berpotensi untuk dikembangkan menjadi kawasan budidaya dan berbagai infrastruktur penunjangnya, mengingat tingkat bahaya yang diakibatkan sangat tinggi. Kegiatan tidak dapat dikembangkan mengingat intensitas gempa yang tinggi, serta di beberapa tempat berada pada potensi landaan tsunami 		



Tipologi Kawasan	Penentuan Pola Ruang		Persyaratan Peruntukan Ruang	
	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan	Kawasan Perkotaan	Kawasan Perdesaan
	berada pada potensi landaan tsunami merusak.	merusak.		
F	<ul style="list-style-type: none"> Ditetapkan sebagai kawasan lindung dan tidak dapat dikembangkan sebagai kawasan budidaya mengingat risiko yang tinggi bila terjadi gempa 	<ul style="list-style-type: none"> Ditetapkan sebagai kawasan lindung dan tidak dapat dikembangkan sebagai kawasan budidaya mengingat risiko yang tinggi bila terjadi gempa. 		

Keterangan :

KTP = Kerentanan tinggi untuk kawasan permukiman

KSP = Kerentanan sedang untuk kawasan permukiman

KRP = Kerentanan rendah untuk kawasan permukiman

KSK = Kerentanan sedang untuk kawasan perdagangan dan perkantoran

KRK = Kerentanan rendah untuk kawasan perdagangan dan perkantoran

KSI = Kerentanan sedang untuk kawasan industri

KRI = Kerentanan rendah untuk kawasan industri

KSPD = Kerentanan sedang untuk kawasan perdagangan dan perkantoran di pusat desa

KRPD = Kerentanan rendah untuk kawasan perdagangan dan perkantoran di pusat desa

KTLH = Kerentanan tinggi untuk lahan usaha di pedesaan

KSLH = Kerentanan sedang untuk lahan usaha di pedesaan

KRLH = Kerentanan rendah untuk lahan usaha di pedesaan

WA = Wisata/Atraksi Abiotis

WS = Wisata/Atraksi Sosio-Kultural

WAK = Wisata/Atraksi Agro-Kultural

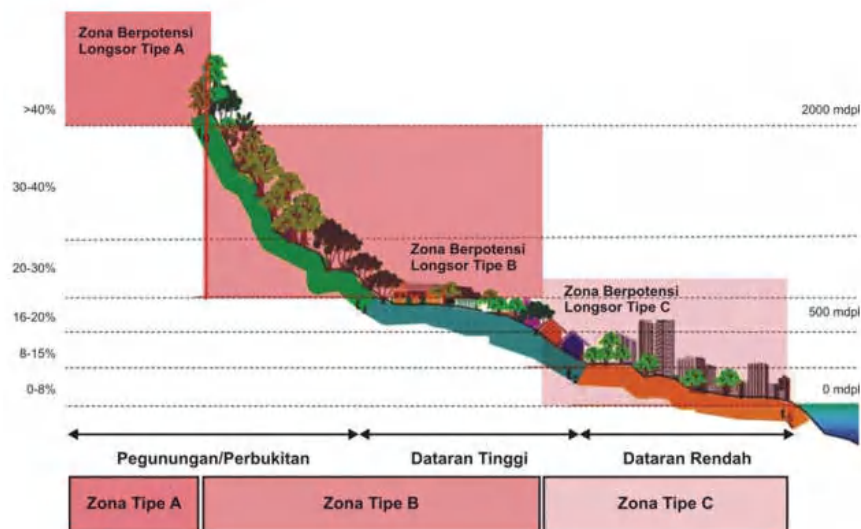


Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007

2.4.2 Pola Ruang Kawasan Rawan Longsor

Kawasan rawan bencana longsor dibedakan atas zona-zona berdasarkan karakter dan kondisi fisik alaminya sehingga pada setiap zona akan berbeda dalam penentuan struktur ruang dan pola ruangnya serta jenis dan intensitas kegiatan yang dibolehkan, dibolehkan dengan persyaratan, atau yang dilarangnya.

Zona berpotensi longsor adalah daerah/kawasan yang rawan terhadap bencana longsor dengan kondisi terrain dan kondisi geologi yang *sangat* peka terhadap gangguan luar, baik yang bersifat alami maupun aktifitas manusia sebagai faktor pemicu gerakan tanah, sehingga berpotensi terjadinya longsor. Berdasarkan hidrogeomorfologinya dibedakan menjadi tiga tipe zona (sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.1) sebagai berikut:



Gambar 2.1 Tipologi Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Hasil Kajian Hidrogeomorfologi

1. Zona Tipe A

Zona berpotensi longsor pada daerah lereng gunung, lereng pegunungan, lereng bukit, lereng perbukitan, dan tebing sungai dengan kemiringan lereng lebih dari 40%, dengan ketinggian di atas 2000 meter di atas permukaan laut.



2. Zona Tipe B

Zona berpotensi longsor pada daerah kaki gunung, kaki pegunungan, kaki bukit, kaki perbukitan, dan tebing sungai dengan kemiringan lereng berkisar antara 21% sampai dengan 40%, dengan ketinggian 500 meter sampai dengan 2000 meter di atas permukaan laut.

3. Zona Tipe C

Zona berpotensi longsor pada daerah dataran tinggi, dataran rendah, dataran, tebing sungai, atau lembah sungai dengan kemiringan lereng berkisar antara 0% sampai dengan 20%, dengan ketinggian 0 sampai dengan 500 meter di atas permukaan laut.

Menurut peraturan menteri pekerjaan umum No.22/PRT/M/2007 tentang pedoman penataan ruang kawasan rawan bencana longsor, agar dalam penentuan struktur ruang, pola ruang, serta jenis dan intensitas kegiatannya dilakukan secara tepat, maka pada setiap tipe zona berpotensi longsor, ditetapkan klasifikasinya, yakni pengelompokan tipe-tipe zona berpotensi longsor ke dalam tingkat kerawannya.

Suatu daerah berpotensi longsor, dapat dibedakan ke dalam 3 (tiga) tingkatan kerawanan berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas sebagai berikut:

1. Kerawanan Tinggi

Kawasan dengan tingkat kerawanan tinggi merupakan kawasan dengan potensi yang tinggi untuk mengalami gerakan tanah dan cukup padat permukimannya, atau terdapat konstruksi bangunan sangat mahal atau penting. Pada lokasi seperti ini sering mengalami gerakan tanah (longsoran), terutama pada musim hujan atau saat gempa bumi terjadi.

2. Kerawanan Sedang

Kawasan dengan tingkat kerawanan sedang merupakan kawasan dengan potensi yang tinggi untuk mengalami gerakan tanah, namun tidak ada permukiman serta konstruksi bangunan yang terancam relatif tidak mahal dan tidak penting.



3. Kerawanan Rendah

Kawasan dengan tingkat kerawanan rendah merupakan kawasan dengan potensi gerakan tanah yang tinggi, namun tidak ada risiko terjadinya korban jiwa terhadap manusia dan bangunan. Kawasan yang kurang berpotensi untuk mengalami longsor, namun di dalamnya terdapat permukiman atau konstruksi penting/mahal, juga dikategorikan sebagai kawasan dengan tingkat kerawanan rendah.

Distribusi peruntukan ruang pada setiap zona akan berbeda tergantung dari variasi tingkat kerawanan/tingkat risikonya. Kegiatan-kegiatan pelaksanaan pemanfaatan ruang harus disesuaikan dengan peruntukan ruang.

Tabel 2.6 Arahan Peruntukan Ruang Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Tingkat Kerawanan Tinggi, Sedang, dan Rendah

	Tingkat Kerawanan	Tinggi			Sedang			Rendah		
	Tipe Zona	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Penggunaan Lahan	Pariwisata	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow
	Hutan kota	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow
	Hutan produksi	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Perkebunan	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Pertanian sawah	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Pertanian semusim	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Perikanan	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Peternakan	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	pertambangan	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Industri	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow
	Hunian	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Keterangan :

- Tidak layak untuk dibangun
- Dapat dibangun dengan syarat
- Boleh dibangun

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor



2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti/Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Teknik Analisis	Output Penelitian	Sumber
1	Risna Widyaningrum 2012	Penyelidikan Geologi Teknik Potensi Likuifaksi Daerah Palu, Provinsi Sulawesi Tengah	Untuk membuat mikrozonasi potensi likuifaksi dan memperkirakan akibat likuifaksi terhadap infrastruktur	- Metode Kualitatif - Metode Kuantitatif	Peta zona bahaya likuifaksi daerah Palu dan sekitarnya	Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi oleh Kementerian Energi Dan Sumberdaya Mineral Badan Geologi Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan.
2	Wahju Krisna Hidajat, Fahrudin, dan Ari Setyo Mardhiko	Pemetaan Zona Kerentanan Daerah Potensi Likuifaksi Akibat Gempabumi Tektonik Daerah	Untuk mengetahui kondisi geologi secara umum pada lokasi penelitian, mengetahui persebaran dan arah	- Spasial - Metode Kuantitatif	Peta potensi likuifaksi Daerah Pleret dan sekitarnya	Naskah Publikasi Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro



No	Peneliti/Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Teknik Analisis	Output Penelitian	Sumber
		Pleret dan Sekitarnya, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.	aliran muka air tanah dangkal, dan menentukan zonasi daerah potensi rawan likuifaksi pada lokasi penelitian.			
3	Christian Vicky Delfis Lonteng S. Balamba, S. Monintja, A. N. Sarajar 2013	Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (Persero) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW <i>Power Plan</i>	Untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FS) dengan membandingkan nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) yang merupakan tahanan tanah terhadap terjadinya likuifaksi dan Cyclic Stress Ratio (CSR) yang	- Metode Kuantitatif	Grafik Perbandingan Hasil Pengolahan Data SPT dan CPT	Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.11, Oktober 2013 (705-717) ISSN: 2337-6732



No	Peneliti/Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Teknik Analisis	Output Penelitian	Sumber
			merupakan tegangan geser yang ditimbulkan oleh gempa.			
4	Adrin Tohari, Khoru Sugianti, Arifan Jaya Syahbana dan Eko Soebowo 2015	Kerentanan Likuifaksi Wilayah Kota Banda Aceh Berdasarkan Metode Uji Penetrasi Konus	Untuk mengevaluasi potensi likuifaksi lapisan tanah berdasarkan data penetrasi konus, menentukan besaran penurunan tanah akibat likuifaksi, dan menyusun peta mikrozonasi kerentanan likuifaksi berdasarkan besaran penurunan tanah.	- Spasial - Metode Kuantitatif	Mikrozonasi kerentanan penurunan lapisan tanah akibat likuifaksi di wilayah.	Riset Geologi dan Pertambangan Vol. 25, No.2, Desember 2015 (99 - 110)



No	Peneliti/Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Teknik Analisis	Output Penelitian	Sumber
5	Prof. Paulus Pramono, Ph.D., Dr. Budijanto Widjaja., Dr. Sylvia Herina., Anastasia Sri Lestari, Ir.MT., Aswin Lim, ST, MSc.Eng., Ir. Siska Rustiani, MT., Stefani Wiguna, ST., Vienti Hapsari, ST., MT. 2014	Kajian Geoteknik Infrastruktur Untuk Kota Padang Menghadapi Ancaman Gempa Dan Tsunami	Melakukan kajian geologi dan kegempaan kota padang	- Spasial - Metode Kuantitatif	Rekomendasi terkait struktur bangunan sarana dan prasarana.	Penerapan Teknologi Perjanjian No:III/LPPM/2014- 03/07-PM

Sumber : Anailsis Penulis, 2018



Adapun posisi penelitian ini terhadap penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Persamaan penelitian yang dilakukan oleh Risna Widyaningrum yang berjudul “Penyelidikan Geologi Teknik Potensi Likuifaksi Daerah Palu, Provinsi Sulawesi Tengah” dengan penelitian ini yaitu *output* keduanya berupa peta yang menunjukkan ruang-ruang yang aman dari bencana likuifaksi di Kota Palu.
2. Persamaan penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Krisna Hidajat, Fahrudin, dan Ari Setyo Mardhiko yang berjudul “Pemetaan Zona Kerentanan Daerah Potensi Likuifaksi Akibat Gempabumi Tektonik Daerah Pleret dan Sekitarnya, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta” dengan penelitian ini yaitu salah satu metode penelitian yang digunakan keduanya sama, yakni pada tahap pengolahan dan interpretasi data dilakukan dengan menggunakan beberapa *software* untuk membuat peta zona ruang aman di lokasi penelitian. Selain itu, *output* dari kedua penelitian tersebut dan penelitian ini sama-sama berupa peta tingkat kerawanan likuifaksi.
3. Persamaan penelitian yang dilakukan oleh Christian Vicky Delfis Lonteng S. Balamba, S. Monintja, A. N. Sarajar yang berjudul “Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (Persero) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW *Power Plan*” dan penelitian yang dilakukan oleh Adrin Tohari, Khori Sugianti, Arifan Jaya Syahbana dan Eko Soebowo yang berjudul “Kerentanan Likuifaksi Wilayah Kota Banda Aceh Berdasarkan Metode Uji Penetrasi Konus” dengan penelitian ini yaitu indikator yang digunakan untuk menghitung tingkat kerawanan likuifaksi merupakan indikator yang sama.

Adapun perbedaan penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian ini yaitu menentukan zona kerentanan likuifaksi pada penelitian-penelitian tersebut tu dengan metode uji sampel yang dilakukan di laboratorium mekanika dan menggunakan metode perhitungan CPT. Sedangkan pada penelitian ini, gunakan metode perbandingan peta citra sebelum dan setelah terjadi



likuifaksi, metode skoring, dan overlay dalam menentukan zona kerentanan likuifaksi.

Sedangkan untuk penelitian yang dilakukan oleh Prof. Paulus Pramono, Ph.D., Dr. Budijanto Widjaja., Dr. Sylvia Herina., Anastasia Sri Lestari, Ir.MT., Aswin Lim, ST, MSc.Eng., Ir. Siska Rustiani, MT., Stefani Wiguna, ST., Vienti Hapsari, ST., MT., persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini yaitu hanya terletak pada penggunaan indikator penelitian. Sedangkan perbedaannya yaitu terletak pada output penelitian, dimana output penelitian tersebut berupa rekomendasi terkait struktur bangunan sarana dan prasarana, sedangkan penelitian ini yaitu arahan pola ruang berbasis mitigasi likuifaksi.

2.6 Definisi Operasional

1. Likuifaksi diukur berdasarkan perpindahan bangunan yang disebabkan oleh hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa.
2. Gempa bumi diukur berdasarkan gerakan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba akibat aktivitas tektonik dari dalam bumi menuju ke permukaan.
3. Tanah Longsor diukur berdasarkan pergerakan tanah di daerah dengan kemiringan lereng curam seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah.
4. Mitigasi diukur berdasarkan tindakan untuk mengurangi risiko bencana, melalui perencanaan, pembangunan perumahan dan kawasan permukiman serta penyadaran dan peningkatan kemampuan masyarakat menghadapi ancaman bencana.
5. Ruang aman dalam penelitian ini diukur berdasarkan wilayah atau area yang aman dari kemungkinan terkena bencana alam untuk pembangunan kawasan budidaya.

Kawasan budidaya diukur berdasarkan wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan.



7. Patahan/sesar diukur berdasarkan rekahan atau zona rekahan pada batuan yang memperlihatkan pergeseran.
8. Jenis tanah diukur berdasarkan pengelompokan tanah berdasarkan karakteristik tertentu.
9. Pola pergerakan diukur berdasarkan arah perpindahan bangunan-bangunan setelah terjadi likuifaksi.
10. Overlay merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui hasil interaksi atau gabungan dari beberapa peta dengan cara menumpangtindihkan beberapa peta.
11. Skoring diukur berdasarkan pemberian skor tiap parameter penyebab likuifaksi dari yang paling berpengaruh sampai yang paling tidak berpengaruh.
12. Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi geografis.

