TUGAS AKHIR

KURVA KERENTANAN DAN RASIO KERUSAKAN (DAMAGE RATIO) BANGUNAN RUMAH TINGGAL AKIBAT GEMPA BUMI PALU 2018

(Vulnerabity Curve And Damage Ratio Of Residential Buildings Due To The 2018 Palu Earthqake)

Diajukan Kepada Universtias Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



RIZAL SADANU

20511313

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2024

TUGAS AKHIR

KURVA KERENTANAN DAN RASIO KERUSAKAN (DAMAGE RATIO) BANGUNAN RUMAH TINGGAL AKIBAT GEMPA BUMI PALU 2018

(Vulnerabity Curve And Damage Ratio Of Residential Buildings Due To The 2018 Palu Earthqake)

Diajukan Kepada Universtias Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh

RIZAL SADANU

20511313

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
di uji pada tanggal :

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
17/1/25	03/01 2025	07/01 2025
Prof.,Ir.,Widodo, MSCE., Ph.D	**Jafar S.T., MURP., M.T.**	**Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.**
NIK :785110201	**NIK : 185111305**	**NIK : 185111304**

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

21/1/2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Selaku peneliti, saya menyatakan bahwa laporan penelitian Tugas Akhir berikut sebagai syarat kelulusan pada program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil penyusunan milik saya sendiri, terdapat penulisan tertentu yang di kutip dalam penyusunan laporan Tugas Akhir terdapat sumber yang jelas dengan kaidah penulisan dan aturan penulisan. Jika didapat indikasi plagiasi tidak murni hasil karya sendiri, saya siap menerima hukuman sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Oktober 2024

Yang membuat Pernyataan,



Rizal Sadanu

(20511313)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji Syukur peneliti haturkan kepada Allah SWT sehingga berhasil dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul Kurva Kerentanan dan Rasio Kerusakan (Damage ratio) Bangunan Rumah tinggal Akibat Gempabumi Palu 28 September 2018 Penelitian tugas akhir dijadikan sebagai syarat kelulusan studi sarjanan di program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakulttas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada proses menyelesaikan Tugas Akhir ini, Peneliti mengalami kesulitan dalam menulis, Namun dengan adanya kritik, saran, dan masukan , serta motivasi penyemangat dari orang terdekat, peneliti dapat menyelesaikan penelitian tuas dnegan baik.oleh sebab itu, perkenankanlah peneliti yang telah membantu dan membimbing dala proses penulisan, ucapan terimakasih peneliti ucapan kepada :

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng). Selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memotivasi, mengarahkan membimbing, dan mengajarkan banyak tambahan ilmu selama proses penyusunan.
3. Kepada Kepala Kantor BPBD Provinsi Sulawesi Tengah yang telah membantu terkait proses pengumpulan data data terkait.

Yogyakarta , 29 Oktober 2024

RIZAL SADANU

HALAMAN DEDIKASI

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini saya Dedikasikan Kepada :

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan nikmati hidup, dan hidayah – Nya serta kesehatan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir.
2. Orang tua saya, yang telah memberikan doa dan semangat hingga saat ini (ya kadang di tanyain terus "kapan Wisuda")
3. Diri saya sendiri yang sudah jatuh bangun dan berusaha untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. kepada kawan – kawan kost Mbahdrono yang setia sebagai tempat nongkrong saya serta memberikan masukan ataupun saran kepada saya.
5. Bang Windah Basudara sudah menemani saya selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Livestream kocak nya (saya bocil suara kekecilan).
6. Mbak pacar yang sudah membantu saya dalam menyusun penelitian ini

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
HALAMAN DEDIKASI v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Definisi Operasional 5
BAB II 9
TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Studi Pustaka 9
2.1.1 Herka Hanung Wijaya (2009) 9
2.1.2 Muhammad Arrie Rafshanjani Amin (2013) 10
2.1.3 M.Rachmat Faizun T P (2019) 11
2.1.4 Choirunisa Windiastuti (2020) 12
2.2 Keaslian Penelitian 13
2.3 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya 13
BAB III 17

LANDASAN TEORI 17
3.1 Gempabumi 17
3.2 Gempa Tektonik 18
3.3 Kondisi Geologi 19
3.4 Seismisitas Dan Seismotektonik 21
3.5 Pusat gempa, Jarak Episenter, dan Kedalaman Gempa 23
3.6 Intensitas Gempa 24
3.7 Sejarah Kegempaan Di Palu 26
3.8 Gempabumi Palu 2018 26
3.9 Likuifaksi 27
3.10 Distribusi Korban 28
3.11 Distribusi Kerusakan Bangunan 28
3.12 Penilaian Kerusakan Bangunan 30
3.13 Isoseismal 31
3.14 Arc-view Dan Pembuatan Kontur 32
3.15 Hubungan Empirik Antara Percepatan Tanah dan Intensitas MMI 33
3.16 Kerentanan Dan Kurva Kerentanan 35
3.17 Hubungan Antara Rasio Kerusakan (Damage Ratio) dan Tingkat Keruskan (damage State) 36
3.18 Biaya Konstruksi Bangunan 38
3.19 Analisa Kerugian Fisik Bangunan Rumah 39
BAB IV 40
METODE PENELITIAN 40
4.1 Lokasi Penelitian 41
4.2 Alat Dan Bahan 42
4.3 Data Dan Jalannya Penelitian 42
4.3.1 Data Primer 42
4.3.2 Data Sekunder 44
4.4 Metode Analisis 44
4.5 Diagram Alir Penelitian 45
BAB V 48
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 48

5.1 Hasil Penelitian 48
5.2 Intensitas Gempabumi Palu 2018 48
5.3 Korban Jiwa dan Kerusakan Pada Gempabumi Palu 2018 50
5.4 Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018 61
5.5 Hubungan Antara Intensitas dan Percepatan 75
5.6 Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal 78
5.7 Rasio Kerusakan Rumah Tiap Tingkat Kerusakan 85
5.8 Rasio Kerusakan (Damage Ratio) Rumah Pada Berbagai Skala Intensitas Gempabumi 92
BAB VI 94
KESIMPULAN DAN SARAN 94
6.1 Kesimpulan 94
6.2 Saran 96
DAFTAR PUSTAKA 97
LAMPIRAN 100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Lempeng Bumi 19

Gambar 3. 2 Setting Tektonik Di Asia Tenggara dan Indonesia (Meltacafe,2009) 20

Gambar 3. 3 Tingkat bahaya (dari kiri ke kanan) untuk percepatan tanah puncak (PGA), percepatan spektral periode 0,2 detik dan 1,0 detik untuk periode pengembalian 500 tahun (bagian atas) dan 2.500 tahun (bagian bawah) setelah Cipta et al. (2016). 22

Gambar 3.4 Penyebaran dan kedalaman gempa bumi bersejarah utama di Sulawesi selama periode 1967 hingga 2012 setelah Supartoyo (2014). 22

Gambar 3.5 Peta gambaran umum Patahan Palu-Koro di area Palu beserta peristiwa-peristiwa utama dalam rangkaian gempa, digambar oleh Tim EEFIT-TDMRC. Pusat-pusat gempa ditunjukkan oleh lingkaran biru (dengan magnitudo, kedalaman, dan waktu). 24

Gambar 3.6 Peta Isoseismal gempa bumi gunung kidul, D.I Yogyakarta 28 juni 2021 32

Gambar 3. 7 Modified Mercalli Intensity (MMI) di Plot Terhadap Percepatan Tanah (PGA) 34

Gambar 3.8 Gabungan Dari Korelasi Nilai MMI dan PGA Pada Kasus Gempa Bumi California 34

Gambar 4. 1 Peta Kota Palu Dan Sekitarnya 41

Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian 47

Gambar 5. 1 Peta Wilayah Sulawesi Tengah 51

Gambar 5. 2 Peta Distribusi Korban Meninggal Akibat Gempa Palu 2018 52

Gambar 5. 3 Peta Distribusi Jumlah Penduduk Sulawesi Tengah 2018 54

Gambar 5. 4 Peta Distribusi Kepadatan Penduduk Sulawesi Tengah 2018 55

Gambar 5. 5 Peta Distribusi Rumah Tinggal Sulawesi Tengah 2018 57

Gambar 5. 6 Peta Distribusi Rumah Rusak Berat Akibat Gempa Palu 2018 58

Gambar 5. 7 Peta Distribusi Rumah Rusak Sedang Akibat Gempa Palu 2018 59

Gambar 5. 8 Peta Distribusi Rumah Rusak Ringan Akibat Gempa Palu 2018 60

Gambar 5. 9 Peta Koordinat Data Primer 62

Gambar 5. 10 Peta Isosiesmal Gempabumi Palu 2018 Dengan Sebaran Intensitas MMI 63
Gambar 5. 11 Detail Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018 Dengan Sebaran Intensitas MMI 64
Gambar 5. 12 Peta Isoseimal Gempabumi Palu 2018 Menurut Jaya dkk., (2019) 65
Gambar 5. 13 Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018 Menurut Patton dkk., (2019) 66
Gambar 5. 14 Peta Isoseimal Gempa Palu 2018 dipublikasikan Oleh BMKG 68
Gambar 5.15 Peta Isoseismal gempa Palu 2018 dipublikasikan Oleh (USGS) 68
Gambar 5. 16 Potongan Tegak lurus Sesar Koro Gempabumi palu 2018 (satu area) 69
Gambar 5. 17 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa Bumi Palu 2018 Arah Timur 71
Gambar 5. 18 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa bumi Palu 2018 Arah Barat 71
Gambar 5. 19 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempabumi Palu 2018 72
Gambar 5. 20 Potongan Tegak lurus Sesar Koro Gempabumi palu 2018 72
Gambar 5.21 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa Bumi Palu 2018 Arah Timur 73
Gambar 5.22 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa bumi Palu 2018 Arah Barat 73
Gambar 5.23 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempabumi Palu 2018 74
Gambar 5. 24 Gabungan Intensitas dan Jarak Arah Barat dan Timur Gempabumi Palu 2018 74
Gambar 5. 25 Perbandingan Percepatan dan Intensitas Pada Kasus Gempabumi Palu 2018 dengan Menggunakan beberapa Persamaan (Gutenberg & Richter, 1942 & 1956), (Hershberger, 1956) 76
Gambar 5. 26 Peta Kontur Hubungan Percepatan dan Intensitas 77
Gambar 5. 27 Kurva Kerentanan Pada Kasus Gempa Palu 2018 (Data Sekunder yang sudah diolah), Gempa Lombok 2018 (Faizun 2019), Gempa

Yogyakarta 2006 (Wijaya, 2009), Kabupaten Aceh Tengah dan Kabupaten Bener Meriah 2013 (Amin, 2015) 84
Gambar 5.28 Rumah Rusak Berat Dengan Rasio Kerusakan 85
Gambar 5.29 Rumah Rusak Sedang dengan Rasio Kerusakan 86
Gambar 5.30 Rumah Rusak Ringan Dengan Rasio Kerusakan 86
Gambar 5. 31 Contoh Perhitungan Rasio Kerusakan Rumah 88
Gambar 5. 32 Kurva Rasio Kerusakan (*Damage Ratio*) Pada Kasus Gempabumi palu (2018), Gempabumi Lombok (2018), Gempabumi Aceh Tengah dan kabupaten Bener Meriah (2013), dan Yogyakarta (2006) 93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian Terdahulu Degan Penelitian Penulis 14

Tabel 3. 1 Tipe Dari DPM Untuk Bangunan Tembok Yang lemah 29
Tabel 3. 2 Hubungan Presentase Kerusakan Dengan MM Isosesimal 30
Tabel 3. 3 Klasifikasi Kerusakan 30
Tabel 3.4 Hubungan Antara Tingkat Kerusakan Presentase Kerusakan, Dan Nilai Kerugian Akibat Gempa 37
Tabel 5.1 Hasil Penentuan Besaran Intensitas Gempa 49
Tabel 5. 2 Jarak dan Intensitas Arah Timur 70
Tabel 5. 3 Plotting Persamaan Newmann dan Trifunac & Brady Untuk Gempabumi Palu 2018 75
Tabel 5. 4 Contoh Perhitungan Luas Daerah Pada Intensitas IX 79
Tabel 5. 5 Contoh Perhitungan Estimasi Jumlah Rumah Pada Intensitas IX 80
Tabel 5. 6 Contoh Perhitungan Jumlah Rumah Berat Rusak Berat Pada Intensitas IX 81
Tabel 5. 7 Data Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Pada Berbagai Skala Intensitas Gempa Pada Gempa Palu 2018 83
Tabel 5. 8 Data Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Pada Berbagai Skala Intensitas Gempa Pada Gempa Yogyakarta 2006 83
Tabel 5.9 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Berat 89
Tabel 5.10 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Sedang 89
Tabel 5. 11 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Ringan 90
Tabel 5.12 Perbandingan Hasil Perhitungan Rasio Kerusakan (DR) Dengan Beberapa Standar 90
Tabel 5.13 *Damage Probabilty Matrix* (DPM) Untuk Gempabumi Palu 2018 91
Tabel 5. 14 Hubungan Intensitas dan Rasio Kerusakan (Damage Ratio) Untuk Gempa Bumi Palu 2018 92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Angket Kuisioner 101

Lampiran 2 : Panduan Wawancara 105

Lampiran 3 : Blanko Survey Kerusakan Rumah 110

Lampiran 4 : Intensitas MMI dan Ploting Persamaan Trinufac & Brady (1975) dan Newmann (1954) 134

Lampiran 5 : Contoh perhitungan Volume dan Biaya kerusakan rumah 151

Lampiran 6 : Jadwal Penelitian 152

ABSTRAK

Gempa bumi Palu yang terjadi pada 28 September 2018 merupakan salah satu bencana alam paling merusak yang melanda Indonesia. Serangkaian gempa dan tsunami tersebut mengakibatkan kerugian besar, baik dari segi jumlah korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur, serta menimbulkan penderitaan mendalam bagi masyarakat setempat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak gempa tersebut di Sulawesi Tengah, dengan fokus pada distribusi korban jiwa dan kerusakan bangunan, serta menghasilkan peta intensitas seismik dan percepatan tanah yang dapat membantu strategi mitigasi bencana di masa depan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei langsung di lapangan. Data primer diperoleh melalui observasi, kuesioner, dan wawancara dengan responden di daerah yang terkena dampak gempa. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari instansi pemerintah terkait. Pengambilan sampel dilakukan secara *stratified random sampling*, dengan penekanan pada daerah dengan kerusakan dan jumlah korban yang lebih tinggi untuk memperoleh informasi yang lebih detail mengenai pengalaman masyarakat dan kerusakan bangunan.

Hasil penelitian mencakup peta distribusi korban, kerusakan bangunan, isoseismal, dan peta percepatan tanah. Ditemukan bahwa kerusakan dan jumlah korban terbanyak terjadi di Kota Palu. Peta intensitas MMI menunjukkan bahwa intensitas VII-IX terletak di sepanjang Teluk Palu hingga utara Donggala, sementara intensitas II-VI mendominasi bagian timur Sulawesi Tengah. Analisis juga menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas gempa, semakin tinggi percepatan tanah yang terjadi. Kurva kerentanan bangunan menunjukkan tingkat kerusakan total 97,24% pada intensitas IX MMI, dengan rasio kerusakan rata-rata di Palu yaitu 69,58% untuk rusak berat, 28,23% untuk rusak sedang, dan 4,25% untuk rusak ringan.

Kata Kunci : Gempabumi, Korban dan kerusakan bangunan, Isoseismal, Percepatan tanah, Kerentanan bangunan, Rasio Kerusakan, *stratified random sampling*

ABSTRACT

The Palu earthquake that occurred on September 28, 2018, is one of the most devastating natural disasters to hit Indonesia. A series of earthquakes and a tsunami caused significant losses, both in terms of casualties and damage to infrastructure, resulting in profound suffering for the local community. This research aims to analyze the impact of the earthquake in Central Sulawesi, focusing on the distribution of casualties and building damage, as well as producing maps of seismic intensity and ground acceleration that can assist in future disaster mitigation strategies.

The methodology used in this study is a direct field survey. Primary data were obtained through observations, questionnaires, and interviews with respondents in the affected areas. Meanwhile, secondary data were collected from relevant government agencies. The sampling technique employed was stratified random sampling, emphasizing areas with higher damage and casualties to obtain more detailed information about community experiences and building damage.

The results of the study include maps of casualty distribution, building damage, isoseismal lines, and ground acceleration maps. It was found that the highest levels of damage and casualties occurred in the city of Palu. The MMI intensity map indicates that intensities VII-IX are located along the Palu Bay up to northern Donggala, while intensities II-VI dominate the eastern part of Central Sulawesi. The analysis also shows that as the intensity of the earthquake increases, so does the ground acceleration. The vulnerability curve for buildings indicates a total damage level of 97.24% at intensity IX MMI, with an average damage ratio in Palu of 69.58% for severely damaged buildings, 28.23% for moderately damaged, and 4.25% for lightly damaged.

***Keyword** : Earthquake, Casualties and building damage, Isoseismal, Ground acceleration, Building vulnerability, Damage ratio, Stratified random sampling*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang sering terjadi di Indonesia. Sebagai negara yang terletak di wilayah cincin api pasifik, Indonesia dikelilingi oleh lempeng tektoknik yang saling bertumbukan sehingga rentan terhadap terjadinya gempa bumi. Selain itu, factor geografis Indonesia merupakan gugusan pulau – pulau membuat Indonesia memiliki kompleksitas yang tinggi dalam menghadapi bencana gempa bumi. Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2022), Indonesia rata–rata 4000 kali gempa bumi setiap tahunnya, dengan skala kekuatan beragam. Gempa bumi terbesar yang pernah terjadi di Indonesia tercatat pada tanggal 26 Desember 2004 dengan kekuatan mencapai 9,1 skala Richter dan menyebabkan bencana tsunami yang merenggut nyawa ribuan orang.

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi yang biasanya terjadi di karenakan berbagai sebab, seperti letusan gunung berapi, benturan meteorit, tanah longsor, ledakan bom, serta sebab lainnya. Akan tetapi, kebanayakan gempa bumi disebabkan dari kerak bumi yang terjadi pada bidang patahan. sampai sekarang, manusia masih kesulitan dalam memprediksi terjadinya gempa bumi, terutama dalam hal memprediksi tempat dan waktu terjadinya. Belum ada perangkat yang mampu mengungkapkan kapan dan dimana gempa bumi akan terjadi, sehingga apabila terjadi gempa yang besar, hal tersebut menimbulkan banyak korban jiwa dan kerusakan bangunan. Faktor penyebabnya adalah karena gempa bumi yang muncul secara tiba – tiba.

Beberapa tahun terakhir ini gempa gempa yang besar melanda Indonesia seperti gempa bumi Mentawai (2010) ,gempa bumi Lombok (2018), dan gempabumi Palu (2018) yang menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta yang cukup besar. Sebuah gempa dengan magnitude 7.7 mengguncang 26 km utara Donggala-Sulteng pada Jumat (28/9/2018) pada OT 17:02:44 WIB, dengan

kedalaman 10 km. Magnitudenya kemudian turun menjadi 7.4 pada OT 17:02:45 WIB.(Bidang Seismologi Teknik, t.t.)

Gempa Palu menyebabkan kerusakan besar pada 6.900 bangunan di area terdampak likuifaksi, termasuk 450 fasilitas umum seperti rumah sakit, hotel, pusat perbelanjaan, dan kantor(Rossetto dkk., 2018). Sebanyak 327 tempat ibadah rusak, sementara sektor pendidikan terdampak parah dengan 1.247 sekolah dan 6.051 ruang kelas rusak, termasuk fasilitas Universitas Tadulako. Infrastruktur utama seperti Bandara Palu, Jembatan Ponulele, jalan, listrik, dan jaringan telekomunikasi juga mengalami kerusakan berat, yang menghambat upaya tanggap darurat.

Pada tanggal 28 September 2018, gempa 7.4 M mengguncang Palu, menyebabkan tsunami dan likuifaksi. Petobo, Jono Oge, dan Balaroa adalah tiga wilayah yang terkena dampak yang kemudian menjadi terkenal di seluruh dunia. Setelah likuifaksi, longsor (*flow liquefaction*), yang kemudian dikenal sebagai likufaksi-longsor, terjadi dengan perpindahan yang cukup jauh, beberapa lebih dari 1 km(Eko Widodo dkk., 2019). Likuifaksi menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan. Karena tanah di bawahnya bergeser, banyak bangunan tidak dapat lagi mengidentifikasi batasnya. Dengan demikian, ratusan hektar lahan pertanian mengalami kerusakan parah, mengakibatkan penduduk lokal kehilangan mata pencaharian mereka dan mengalami kerugian ekonomi yang signifikan. Area yang terkena dampak, seperti Petobo dan Balaroa, hampir seluruhnya runtuh karena 70 hingga 99 persen struktur hancur.

Pembuatan peta isoseismal saat gempa Palu untuk memberikan informasi mengenai seberapa besar kekuatan gempa di suatu daerah, diukur dalam angka MMI (Modified Mercalli Intensity). Informasi ini dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara intensitas gempa dengan faktor faktor lainnya. Persamaan matematika yang memperlihatkan hubungan antara parameter-parameter gempa di suatu daerah dengan semua variabel yang terkait disebut sebagai atenuasi.

Distribusi korban gempa Palu menunjukkan dampak terbesar terjadi di wilayah dengan intensitas gempa tinggi, dipengaruhi oleh kepadatan penduduk, lokasi episentrum, dan kondisi geologi. Gempa ini menyebabkan lebih dari 2.000

korban jiwa dan ribuan luka-luka (BNPB, 2018). Analisis distribusi korban penting untuk mengidentifikasi area berisiko tinggi dan memperkuat mitigasi. Kerusakan bangunan, termasuk fasilitas umum seperti rumah sakit dan sekolah, menjadi salah satu dampak utama. Tingkat kerusakan dipengaruhi oleh kualitas konstruksi, material, dan intensitas gempa (Housner, 1977). Kajian ini penting untuk memahami kerentanan struktur dan merancang standar bangunan tahan gempa.

(Rossetto & Elnashai, 2003)(Rossetto & Elnashai, 2003)Untuk memprediksi kerusakan bangunan akibat gempa di masa depan, pengembangan kurva kerentanan (vulnerability curve) sangat diperlukan. Kurva ini menggambarkan hubungan antara intensitas gempa (misalnya PGA atau MMI) dan probabilitas kerusakan bangunan (Rossetto & Elnashai, 2003). Dengan memanfaatkan data kerusakan dari gempa Palu, kurva kerentanan dapat digunakan sebagai alat prediksi risiko kerusakan di wilayah dengan karakteristik serupa..

Selanjutnya, *damage ratio* digunakan untuk mengukur tingkat kerusakan bangunan terhadap total nilai aset yang terpapar gempa. Indikator ini memberikan gambaran kuantitatif tentang dampak ekonomi dari kerusakan akibat gempa (Whitman, 1973). Dalam konteks gempa Palu, analisis damage ratio membantu merumuskan langkah-langkah perencanaan pembangunan kembali yang lebih efektif dan efisien

Penelitian mengenai gempa Palu 2018 sangat penting karena dampaknya yang luas terhadap masyarakat, infrastruktur, dan ekonomi. Analisis peta isoseismal dapat membantu dalam mengidentifikasi wilayah berisiko tinggi, yang esensial untuk upaya mitigasi bencana. Selain itu, distribusi korban mengungkapkan dampak langsung pada populasi, yang mendukung respons darurat yang lebih efektif.Kajian kerusakan bangunan menyoroti kelemahan dalam konstruksi yang ada, sehingga dapat meningkatkan standar tahan gempa di masa depan. Kurva kerentanan digunakan untuk memprediksi risiko di wilayah serupa, sementara rasio kerusakan membantu dalam menghitung kerugian ekonomi, yang sangat penting untuk perencanaan rekonstruksi pasca-bencana.Penelitian ini tidak hanya memperkuat kesiapsiagaan bencana di Palu tetapi juga memberikan pelajaran

berharga bagi seluruh Indonesia dalam menghadapi potensi bencana serupa di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, maka didapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Dalam kasus gempa bumi Palu pada tahun 2018, bagaimana distribusi korban dan kerusakan bangunan terjadi ?
2. Bagaimana persebaran intensitas dan percepatan tanah yang di tunjukkan dengan kontur intensitas gempa skala MMI untuk gempabumi Palu 2018
3. Bagaimana perbandingan antara kurva kerentanan bangunan yang terjadi pada gempabumi Yogyakarta 2006, gempabumi Aceh Tengah dan Kabupaten Bener Meriah 2018, dan gempabumi Lombok bulan Juli – Agustus 2018, dan Gempa Palu 2018 ?
4. Pada kasus gempa bumi Palu 2018, berapa rasio kerusakan bangunan (*damage ratio*) dan berapa rata-rata rasio kerusakan *(mean damage ratio*) pada bangunan rumah tinggal yang mengalami , rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui bagaimana distribusi korban dan kerusakan bangunan terjadi pada gempa bumi Palu 2018
2. Mengetahui persebaran intensitas dan percepatan tanah yang di tunjukkan dengan kontur intensitas gempa skala MMI untuk gempabumi Palu 2018
3. Mengetahui perbandingan antara kurva kerentanan bangunan yang terjadi pada gempabumi Yogyakarta 2006, gempabumi Aceh Tengah dan 5 Kabupaten Bener Meriah 2018, dan gempabumi Lombok bulan Juli – Agustus 2018, dan Gempa Palu 2018.
4. Mengetahui rasio kerusakan bangunan (damage ratio) dan berapa rata-rata rasio kerusakan (mean damage ratio) pada bangunan rumah tinggal yang mengalami , rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini di batasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini merupakan penaksiran yang menggunakan berbagai macam asumsi dan pendekatan.
2. Peta isoseismal yang digunakan adalah peta intensitas gempa bumi yang menggambarkan garis kontur yang menghubungkan tempat-tempat dengan intensitas gempa bumi yang sama.
3. Fokus penelitian adalah pada gempa bumi Palu pada 2018 dengan kekuatan 7,4 skala richter
4. Penelitian dilakukan di provinsi Sulawesi Tengah, khususnya di kota Palu yang merupakan wilayah yang terdampak paling besar oleh gempa bumi tersebut
5. Data yang digunakan untuk pembuatan peta isoseismal adalah data kompilasi yang berasal dari data primer dan sekunder.
6. Pembuatan peta isoseismal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Arc-View GIS.
7. Magnitude dan pusat gempa yang digunakan adalah versi BMKG.
8. Jumlah rumah sebelum terkena gempa diasumsikan sama dengan jumlah Kepala Keluarga (KK).
9. Data jumlah Kepala Keluarga (KK) yang digunakan didasarkan pada data statistik kependudukan di masing-masing Kabupaten/Kotamadya pada tahun 2018.
10. Data mengenai jumlah rumah rusak diperoleh dari beberapa instansi pemerintah.

1.5 Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat di Provinsi Sulawesi Tengah, khususnya mereka yang berada di Kota Palu. Melalui penelitian ini, diharapkan akan tercipta pengetahuan baru dalam

bidang teknik sipil yang berkaitan dengan ilmu kegempaan. Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Digunakan sebagai materi evaluasi mengenai kerusakan pada bangunan terutama rumah tinggal.
2. Berfungsi sebagai acuan dalam proses pelaksanaan dan pengawasan pembangunan rumah tinggal di daerah dengan frekuensi gempa bumi yang cukup tinggi.
3. Bermanfaat sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya terkait kejadian gempa bumi yang terjadi di Provinsi Sulawesi Tengah
4. Berperan sebagai dokumen tentang distribusi intensitas gempa di Palu.

1.6 Definisi Operasional

Definisi operasioanl yang di gunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Korban

   Dalam penelitian ini, istilah "distribusi" merujuk pada perpindahan atau penyebaran suatu kelompok, sedangkan "korban" mengacu pada individu yang mengalami penderitaan atau bahkan kematian akibat suatu peristiwa. Lebih spesifiknya, dalam penelitian ini, distribusi korban merujuk pada penyebaran individu yang menjadi korban jiwa akibat gempa bumi.

2. Kerusakan Bangunan

   Kerusakan bangunan merujuk pada kondisi di mana struktur permanen yang awalnya utuh dan lengkap, terdiri dari atap dan dinding yang didirikan oleh manusia, mengalami perubahan atau kerusakan sehingga tidak lagi dalam keadaan semula.

3. Isoseismal

   Isoseismal merupakan sebuah garis yang menghubungkan berbagai daerah di sekitar pusat gempa yang memiliki intensitas gempa yang sama. Dalam penelitian ini, garis-garis tersebut akan digunakan untuk membentuk sebuah peta yang menunjukkan distribusi gempa di daerah tersebut.

4. Percepatan Tanah

Percepatan merupakan perubahan kecepatan dalam jangka waktu tertentu. Percepatan tanah mengacu pada nilai kecepatan pergerakan tanah pada lokasi tertentu yang disebabkan oleh getaran gempa dalam periode waktu yang ditentukan.

5. Kurva kerentanan

   Kurva kerentanan dalam penelitian ini adalah grafik yang menggambarkan sejauh mana bangunan rumah tinggal dapat terkena dampak gempa bumi. Kurva ini mengindikasikan tingkat kerentanan, yaitu seberapa rentan bangunan tersebut terhadap dampak gempa.

6. Rasio Kerusakan

   Rasio merupakan perbandingan. Dalam penelitian ini, rasio dapat diartikan sebagai perbandingan antara dua hal yang saling berkaitan. Rasio kerusakan adalah perbandingan antara kondisi bangunan sebelum terjadinya gempa dengan bangunan setelah terjadinya gempabumi.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan komponen penting dalam penelitian untuk mencapai hasil yang lebih baik dan optimal, serta untuk mencegah plagiasi. Berikut ini adalah temuan-temuan yang telah ditemukan dalam penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian yang akan dilakukan.

2.1.1 Herka Hanung Wijaya (2009)

Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 adalah peristiwa signifikan yang menarik untuk diteliti. Meskipun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta United States Geological Survey (USGS) telah melakukan penelitian terkait intensitas gempa ini, pembuatan isoseismal sangat penting. Isoseismal diperlukan untuk memberikan gambaran tentang sejauh mana getaran tanah yang terjadi di berbagai wilayah terdampak. Penelitian ini bertujuan untuk membuat isoseismal, menganalisis penurunan intensitas gempa seiring dengan jarak, memahami hubungan antara intensitas gempa dan percepatan, serta mengevaluasi kerentanan dan rasio kerusakan bangunan rumah tinggal akibat gempa tersebut.

Penelitian mengenai isoseismal dilakukan melalui distribusi kuesioner, wawancara, dan observasi lapangan. Responden yang terlibat dipilih dengan cermat untuk memastikan akurasi informasi yang diberikan. Data dari kuesioner dan wawancara dianalisis dengan cara menghitung rata-rata hasilnya. Data intensitas yang terkumpul kemudian diproses menggunakan perangkat lunak Arc-View GIS untuk menghasilkan kontur isoseismal. Sementara itu, penelitian tentang kerentanan melibatkan pengumpulan data rumah sebelum gempa bumi dan rumah - rumah yang rusak akibat gempa dari berbagai instansi pemerintah. Data ini dikelompokkan berdasarkan tingkat intensitas gempa dan dihubungkan dengan persentase kerusakan total melalui grafik. Penelitian mengenai rasio kerusakan rumah melibatkan observasi langsung terhadap sampel rumah yang rusak di

lapangan untuk setiap tingkat kerusakan. Hasil perhitungan rasio kerusakan kemudian dihitung dan dirata-ratakan untuk masing-masing tingkat kerusakan yang diteliti.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa isoseismal gempa bumi di Yogyakarta mengambil bentuk elips memanjang mengikuti Sesar Opak. Intensitas gempa IX MMI terpisah menjadi dua kelompok, di Bantul dan Klaten. Pada intensitas VI-VIII MMI, kontur intensitas cenderung memanjang sejajar dengan Sesar Opak dan Sesar Jiwo, sementara pada intensitas V MMI ke bawah, kontur intensitas cenderung mendekati lingkaran. Persamaan atenuasi global antara intensitas (I) dan jarak (R) yang dihasilkan adalah Ix = 8,889 e^(-0,0088R), dengan tingkat korelasi 0,88 pada tingkat signifikansi 5%. Atenuasi searah dan tegak lurus patahan menunjukkan perbedaan, dengan atenuasi tegak lurus patahan lebih cepat dibandingkan dengan atenuasi searah patahan. Dalam hal kerentanan, analisis data menunjukkan bahwa persentase kerusakan rumah dan rasio kerusakan rumah meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas gempa. Rasio kerusakan rata rata adalah 84,2% untuk rumah yang roboh, 57,9% untuk rusak berat, 13,99% untuk rusak sedang, dan 1,2% untuk rusak ringan. Rumah yang roboh dan rusak berat memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bakornas PB, tetapi rumah yang rusak sedang dan ringan berada di luar batas standar tersebut. Dalam konteks skala intensitas gempa yang dibandingkan dengan standar yang digunakan di Costa Rica, bangunan rumah di Yogyakarta sebelum gempa hanya setara dengan bangunan tipe Low Quality (kualitas rendah) di Costa Rica.

2.1.2 Muhammad Arrie Rafshanjani Amin (2013)

(Amin, 2018) Gempabumi yang mengguncang Aceh pada tanggal 2 Juli tahun 2013. Rasio kerusakan sebuah bangunan dapat dihitung dengan membandingkan nilai kerusakan keduanya. studi tentang rasio kerusakan bangunan juga Pembagian katagori rasio kerusakan bangunan sangat erat dengan tingkat kerusakan bangunan. rumah yang terbuat dari batu bata memiliki empat tingkat kerusakan: roboh, rusak parah, dan rusak sedang, mengalami kerusakan ringan dan roboh. Dengan mengambil sepuluh sampel rumah untuk setiap kategori kerusakan (roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan), studi rasio kerusakan rumah

dilakukan melalui observasi langsung kelapangan. untuk setiap klasifikasi kerusakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumah roboh memiliki rata-rata rasio kerusakan 96,25%, rusak berat 70,08%, rusak sedang 28,08%, dan rusak ringan 3,87%. Rata-rata rasio kerusakan ini memenuhi standar yang ditetapkan oleh Fema pada tahun 1999.

2.1.3 M.Rachmat Faizun T P (2019)

Penelitian ini adalah penelitian lapangan yang dilakukan langsung di lokasi karena gempa Lombok, yang melanda seluruh pulau Lombok dari Juli hingga Agustus 2018. Data awal yang dibutuhkan dikumpulkan melalui pembagian kuesioner, observasi lapangan, dan wawancara pada responsif. Data sekunder dari lembaga pemerintah diperoleh selain data primer.yang berkaitan dengan gempabumi tersebut. Distribusi dan jumlah orang yang berpartisipasi dihitung. berdasarkan stratified random sampling, yang berarti wilayah yang rusak dan Data yang diperlukan diperoleh dari korban yang lebih besar dan sebaliknya. Data yang diperlukan adalah reaksi objek dan orang saat gempa, serta kerusakan bangunan akibat gempa. 12 Hasil dari penelitian ini yaitu berupa peta distribusi korban dan kerusakan bangunan, isoesimal, dan percepatan tanah. (Faizun, 2020) Dari hasil data yang telah didapatkan, jumlah untuk korban dan kerusakan bangunan rumah banyak terjadi tepatnya di daerah Lombok utara. Untuk sebaran (MMI), pada bagian utara Lombok memiliki intensitas VII – IX MMI, sedangkan pada daerah selatan pulau Lombok memiliki intensitas II – VI MMI. Dari situ juga didapatkan bahwa semakin tinggi nilai intensits gempa semakin tinggi pula nilai percepatan tanah.

Hasil lainnya yaitu berupa kurva kerentanan bangunan dan juga rasio kerusakn bangunan. Kurva kerentanan Lombok pada gempabumi Lombok 2018 dengan intensitas IX MMI memiliki tingkat kerusakan mencapai 89,47 %, nilai tersebut ternyata masih berada di bawah tingkat keruasakan gempabumi Yogyakarta 2006 yaitu mencapai 100 % pada intensitas yang sama, namun berada di atas gempa bumi aceh tengah dan Kabupaten Bener Meriah yaitu mencapai kerusakan 47,96 %. Rasio kerusakan pada gempabumi Lombok 2018 memiliki rata

– rata kerusakan untuk rumah rusak berat sebesar 67,36 %, rusak sedang 28,17 % dan rusak ringan 5,60 %.

2.1.4 Choirunisa Windiastuti (2020)

Penelitian tentang gempa bumi besar yang terjadi di Pidie Jaya, Aceh pada tanggal 7 Desember 2016 adalah topik yang menarik untuk dipelajari. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta United States Geological Survey (USGS) telah melakukan kajian terkait intensitas gempa ini, meskipun belum membuat isoseismal, yang sangat penting untuk memahami seberapa besar getaran tanah yang terjadi di berbagai daerah terkena dampak.

(Windiastuti, 2020) Penelitian ini bertujuan untuk membuat isoseismal, mengidentifikasi penurunan intensitas gempa seiring dengan jarak, memahami hubungan antara intensitas gempa dan percepatan, serta menilai kerentanan dan rasio kerusakan rumah tinggal akibat gempa tersebut. Penelitian mengenai isoseismal melibatkan penggunaan kuesioner, wawancara, dan observasi lapangan. Responden dipilih secara selektif, dengan mempertimbangkan kemampuan mereka dalam memberikan informasi yang akurat. Data yang diperoleh dari kuesioner dan wawancara diolah dengan menghitung rata-rata hasilnya. Untuk menggambarkan isoseismal, data intensitas diproses menggunakan perangkat lunak Arc-View GIS. Sementara itu, penelitian mengenai kerentanan melibatkan pengumpulan data rumah sebelum dan setelah gempa bumi dari berbagai instansi pemerintah. Data ini dikelompokkan berdasarkan tingkat intensitas gempa, kemudian dihubungkan dengan persentase kerusakan total melalui grafik. Adapun penelitian tentang rasio kerusakan rumah melibatkan observasi langsung terhadap sampel rumah yang rusak di lapangan, dengan hasil perhitungan rasio kerusakan kemudian dihitung dan dirata-ratakan untuk setiap tingkat kerusakan yang diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isoseismal gempa bumi Pidie Jaya pada 7 Desember 2016 memiliki bentuk elips yang mengikuti sesar Samalanga, bukan lingkaran. Pola isoseismal ini menunjukkan bahwa pergerakan sesar dan karakteristik tanah setempat sangat mempengaruhi intensitas gempa yang terjadi. Peta isoseismal menggunakan gradasi warna untuk menunjukkan perbedaan intensitas di berbagai wilayah. Dalam penelitian ini, ditemukan persamaan atenuasi

global antara intensitas (I) dan jarak (R) untuk gempa bumi Pidie Jaya. Atenuasi intensitas gempa bervariasi dalam berbagai arah (Barat Daya, Barat Laut, Barat, Selatan, Tenggara, dan Timur). Hubungan antara intensitas dan rasio kerusakan bangunan menunjukkan bahwa rumah-rumah di Kabupaten Pidie Jaya, terutama yang terbuat dari kayu, relatif tidak terlalu rusak karena material kayu memiliki fleksibilitas yang baik dalam menyerap energi gempa. Namun, rumah-rumah yang terbuat dari batu bata, terutama yang tidak memenuhi standar tahan gempa, mengalami kerusakan yang lebih parah. Studi ini juga menyelidiki rasio kerusakan bangunan dalam beberapa arah, termasuk Tenggara, Barat Daya, dan Timur Laut.

2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian ini adalah karya penulis sendiri dan bukan plagiasi dari penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya akan dijelaskan di sini. berikut ini akan dijelaskan perbedaan penelitian penulis dengan penelitian – penelitian sebelumnya.

1. Penelitian ini dilakukan di kota Palu, Sulawesi Tengah
2. Responden diambil dari masyarakat kota Palu itu sendiri.
3. Bangunan yang ditinjau adalah bangunan rumah tinggal masyarakat kota Palu, Sulawesi Tengah
4. Pembuatan peta isoseismal menggunakan software Arc-View GIS.

2.3 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah perbandingan penelitan yang sekarang di lakukan oleh peneliti dengan beberapa peneliti – peneliti sebelum nya, untuk perbandingan nya dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Degan Penelitian Penulis

No	Aspek	Herka Hanung Wijaya (2009)	Muhammad Arrie Rafshanjani Amin (2013)	M. Rachmat Faizun T.P (2019)	Choirunisa Windiastuti (2020)	Penulis (2024)
1	judul	Isoseismal, kerentanan, dan rasio kerusakan bangungan rumah tinggal	Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal	Distribusi Korban, kerusakan bangunan, isoseismal, percepatan tanah, kurva kerentanan bangunan rumah tinggal	Isoseismal, keretanan, dan rasio kerusakan bangunan rumah tinggal : studi kasus gempa bumi pidie jaya 7 desember 2016	Distribusi Korban, kerusakan bangunan, isoseismal, percepatan tanah, kurva kerentanan bangunan rumah tinggal
2	Tujuan Penelitian	Membuat peta kontur intensitas gempa skala MMI, Mengetahui Kerentanan bangunan rumah tinggal terhadap gempa dan	Rasio kerusakan bangunan rumah tinggal	Mengetahui distribusi korban dan kerusakan bangunan, Membuat peta isoseismal dan peta percepatan tanah, Mengetahui	Membuat peta Isoseismal, Mengetahui persamaan atenuasi global I (intensitas gempa) dengan R	Mengetahui distribusi korban dan kerusakan bangunan, Membuat peta isoseismal dan peta percepatan tanah,

Lanjutan Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Degan Penelitian Penulis

		Mengetahui presentase kerusakan rumah tinggal disetiap skala intensitas gempa		perbandingan kurva kerentanan antara gempabumi Yogyakarta 2006, gempabumi Aceh Tengah dan Kabupaten Bener Meriah 2018, Mengetahui rasio kerusakan bangunan (damage ratio) dan rata – rata rasio kerusakan (mean damage ratio)	(jarak) kontur isoseismal gempabumi, Mengetahui kerentanan bangunan rumah tinggal, Mengetahui rata-rata ratio kerusakan bangunan rumah tinggal yang mengalami roboh, rusak berat, rusak sedang dan rusak ringan dan hubungan antara central rasio kerusakan rumah tinggal	Mengetahui rasio kerusakan bangunan (damage ratio) dan rata – rata rasio kerusakan (mean damage ratio)

Lanjutan Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Degan Penelitian Penulis

3	Tahapan Penelitian	Survey dan mencari data ke lapangan dan pengolahan data dengan software	Survey langsung ke lapangan dan pengolahan data dengan software	Survey langsung ke lapangan dan pengolahan data dengan software	Survey langsung ke lapangan dan pengolahan data dengan software	Survey langsung ke lapangan dan pengolahan data dengan software
4	Lokasi Penelitian	Yogyakarta	Aceh	Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat	Pidie jaya	Palu
5	Hasil	Peta isoseismal, sebaran kerentanan bangunan dan perhitungan rasio kerusakan	Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal	Peta Isoseismal dan nilai rasio kerusakan bangunan rumah tinggal	Peta Isoseismal dan nilai rasio kerusakan bangunan rumah tinggal	Peta Isoseismal dan nilai rasio kerusakan bangunan rumah tinggal

BAB III
LANDASAN TEORI

Gempabumi adalah peristiwa alam yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan akibat goncangan tanah yang dihasilkan. Goncangan tanah ini juga dapat memicu tanah longsor, liquifaksi, dan tsunami sebagai akibat dari gempabumi. Besarannya tergantung pada jarak daerah yang terkena dampak dengan pusat gempa dan kondisi tanah di daerah tersebut.

Salah satu cara untuk mengetahui dampak goncangan yang disebabkan oleh gempabumi adalah dengan mengukur intensitas gempa. Intensitas gempa adalah ukuran kualitatif atau kuantitatif dari gerakan tanah akibat gempabumi di lokasi yang terkena dampak. Di Indonesia, skala intensitas gempa yang sering digunakan adalah MMI (Modified Mercalli Intensity). Pada bagian ini akan membahas teori – teori yang berkaitan dengan topik dan tujuan.

3.1 Gempabumi

Gempabumi adalah getaran asli yang berasal dari dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan karena rekahan bumi yang pecah (Arief Mustofa Nur, 2010). dilihat dari penyebab nya, gempa dapat di bagi menjadi beberapa kelompok.

1. Gempa Vulkanik

   Gempa vulkanik adalah jenis gempa bumi yang terjadi akibat aktivitas vulkanik atau letusan gunung berapi. Gempa ini disebabkan oleh pergerakan magma di dalam kerak bumi yang menyebabkan tekanan dan ketegangan pada batuan di sekitarnya. Ketika tekanan yang dihasilkan melebihi batas kekuatan batuan, terjadilah gempa vulkanik.

2. Gempa Runtuhan

   Gempabumi tersebut umumnya disebabkan oleh tanah atau batuan yang tidak memiliki kemampuan untuk menahan beban yang ada di atasnya. Jenis gempabumi ini sering terjadi di daerah-daerah yang memiliki gua

3. Gempa Tumbukan

   Gempabumi seperti ini jarang terjadi karena jenisnya adalah gempa tumbukan yang terjadi saat benda-benda langit seperti meteor jatuh dan menghantam bumi.

4. Gempa Buatan

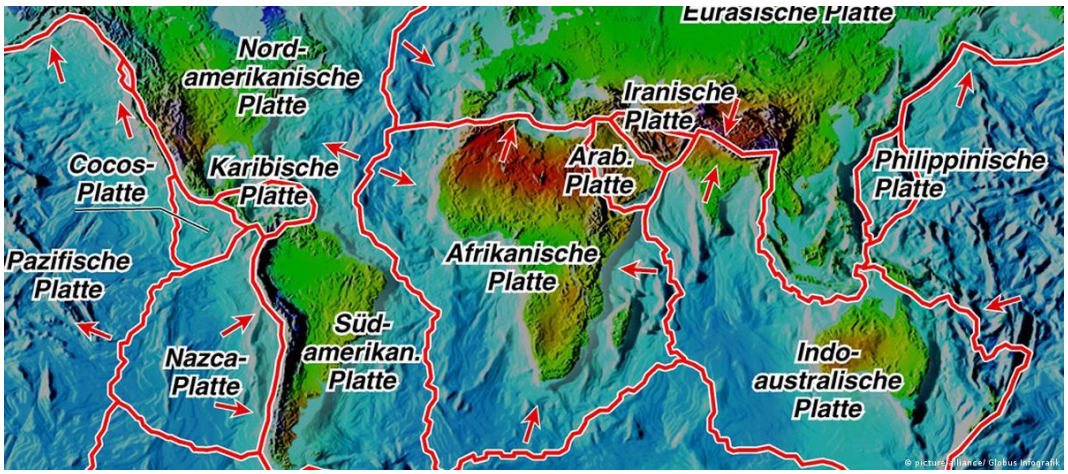
   Gempabumi ini berkaitan dengan aktivitas manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir, atau palu besar yang ditimpakan ke permukaan bumi.

5. Gempa Tektonik

   Gempa bumi tektonik adalah jenis gempa bumi yang sering terjadi. Gempa ini terjadi akibat pematahan batuan ketika dua lempeng bertabrakan. Proses ini berlangsung secara perlahan-lahan dan mengakumulasi energi. Ketika kekuatan benturan melebihi kekuatan batuan, batuan di bawah permukaan akan pecah dan menyebabkan getaran.

3.2 Gempa Tektonik

Gempa tektonik terjadi karena lempengan-lempengan bergerak untuk mencapai keseimbangan baru. Gempa ini disebabkan oleh pelepasan energi yang terjadi akibat regangan elastis pada batuan di litosfer. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin kuat gempa yang terjadi, dan sebaliknya. Ada dua teori yang menjelaskan proses terjadinya gempa, yaitu pergeseran lempeng (patahan) dan teori kekenyalan elastis. Gerakan tiba-tiba sepanjang lempeng sering menjadi penyebab utama gempa tektonik. Sebagian besar gempa tektonik terjadi di sepanjang batas batas lempeng. Saat lempeng-lempeng bergerak, pusat pemekaran, zona subduksi, dan sesar transformasi menjadi lokasi yang sering mengalami aktivitas gempa bumi yang intens di permukaan bumi (Haryadi, 2012).



Gambar 3. 1 Lempeng Bumi

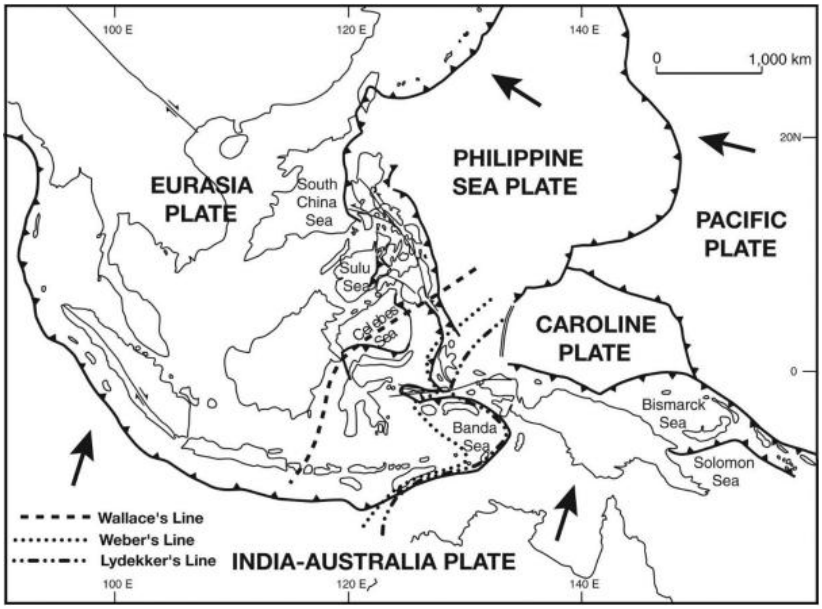
(sumber : *https://www.dw.com/id/mengenal-gerakan-lempeng-tektonik/a-37394092*)

3.3 Kondisi Geologi

(Satyana, 2011, dalam Rossetto & Dkk, 2019)(Satyana, 2011, dalam Rossetto & Dkk, 2019) Pulau Sulawesi terletak dalam lingkungan tektonik yang kompleks di pertemuan tiga lempeng utama: Lempeng Sunda, Lempeng Australia, dan Lempeng Laut Filipina. Interaksi aktif antara lempeng-lempeng ini sejak periode Cretaceous telah membentuk kumpulan komponen tektonik minor yang kompleks, termasuk fragmen mikro-kontinental, kompleks akresi, melange-terranes, busur pulau, dan ofiolit sebagai hasil dari subduksi signifikan, tumbukan, dan ekstensi local (Satyana, 2011, dalam Rossetto & Dkk, 2019) . penelitian tentang pergerakan lempeng saat ini menunjukkan bahwa Lempeng Australia dan Lempeng Laut Filipina sedang berkonvergensi dan menyubduksi di bawah Lempeng Sunda yang relatif stabil dengan arah NNE (~75mm/tahun) dan WNW (~90mm/tahun), secara berturut-turut. Lempeng Sunda biasanya dianggap sebagai bagian dari Lempeng Eurasia, namun, kecepatan GPS yang diukur oleh Socquet et al. (2006) mengungkapkan bahwa Lempeng Sunda sebenarnya terlepas dan memiliki gerakan ke timur sebesar 10mm/tahun relatif terhadap Lempeng Eurasia. Akibat interaksi tektonik yang kompleks, gerakan rotasional signifikan telah diberikan pada blok kerak di wilayah Sulawesi.

(Bird, 2005, dalam Rossetto & Dkk, 2019)(Bird, 2005, dalam Rossetto & Dkk, 2019)Fitur tektonik utama dan provinsi-provinsi di Sulawesi telah

dipengaruhi oleh interaksi antara wilayah biogeografi Sundaland dan benua Australia. Sulawesi terletak di wilayah perantara yang dikenal sebagai 'Wallacea', dinamai sesuai dengan ahli alam Inggris, Alfred Russel Wallace, yang menggambarkan wilayah ini berdasarkan batas antara megafauna Asia dan Australia . Batas yang ditetapkan, yang ditandai oleh 'Garis Wallace' dijelaskan oleh sebuah saluran air dalam yang diyakini tidak pernah memiliki jembatan darat selama zaman es(Bird, 2005, dalam Rossetto & Dkk, 2019) Selat Makassar antara Sulawesi barat dan Borneo merupakan bagian dari saluran ini.



Gambar 3. 2 Setting Tektonik Di Asia Tenggara dan Indonesia (Meltacafe,2009)

(Sumber : *EEFIT – TDMRC, 2019*)

Sulawesi dianggap terdiri dari empat provinsi mega-tektonik yang membentang dari utara ke selatan yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan dijelaskan di bawah ini:

1. Busur Vulkanik Pluto di Sulawesi Barat dan Utara
2. Sabuk Metamorfik Sulawesi Tengah
3. Sabuk Ofiolit Sulawesi Timur (ESO); dan
4. Benua Mikro Banggai-Sula dan Tukang Besi.

Palu terletak di provinsi tektonik Busur Pluto-Vulkanik Sulawesi Barat dan Utara di ujung selatan tanah genting yang menghubungkan Sulawesi Tengah

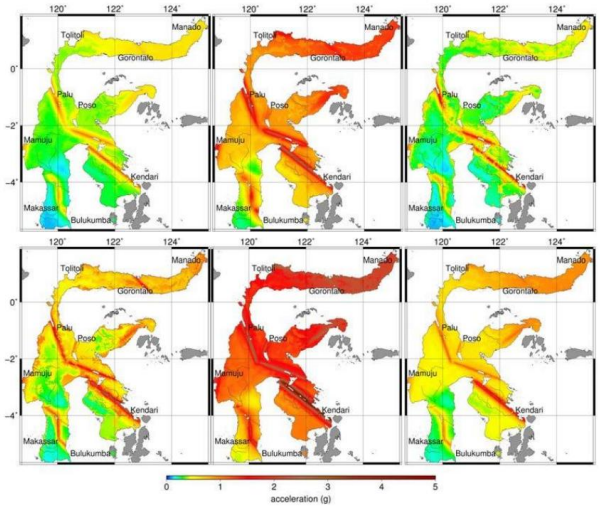
dengan Sulawesi Utara. Batuan metamorfosis dan beku dasar Kretaseus membentuk wilayah berbukit di sisi timur lembah tempat kota ini terletak. Batuan batuan ini terutama terdiri dari amfibolitik schist, mica schist, gneiss, dan marmer. Schist lebih banyak ditemui di sisi barat, sedangkan gneiss dan marmer mendominasi di sisi timur.

3.4 Seismisitas Dan Seismotektonik

seismititas merujuk pada frekuensi dan distribusi gempa bumi dalam suatu wilayah geografis dalam kurun waktu tertentu. Indonesia adalah negara yang sangat rentan terhadap gempa bumi karena pengaturan tektoniknya yang kompleks dan aktif. Seismisitas secara dominan tersebar di sepanjang zona subduksi Jawa dan pulau-pulau di bagian timur negara ini . Tektonika di Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan beberapa gempa bumi terbesar di dunia, dengan Gempa Samudera Hindia 2004 di Sumatra (9.1-9.3 Mw) menjadi gempa bumi terbesar ketiga yang pernah tercatat.

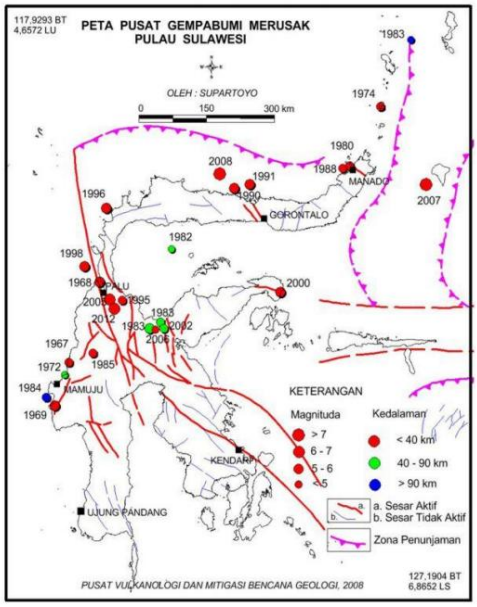
Sebagian besar pulau Sulawesi memiliki bahaya gempa bumi yang tinggi. dengan tingkat bahaya tertinggi terjadi di sepanjang sistem Patahan Palu-Koro, Matano, dan Lawanopo, serta Zona Subduksi Minahassa di sepanjang lengan utara pulau. Nilai bahaya yang sangat tinggi diusulkan untuk Palu (termasuk penguatan situs lokal), dengan nilai percepatan tanah puncak (PGA) lebih besar dari 0,8g dilaporkan untuk periode pengembalian 500 tahun.

Peristiwa paling mencolok di wilayah ini terjadi pada 14 Agustus 1968 ketika gempa bumi berkekuatan 7,4 Ms menyebabkan tsunami dengan sekitar 200 kematian dan run-up maksimum mencapai 8 hingga 10 meter(Jaya dkk., 2019). Tiga gempa bumi berkekuatan besar lainnya yang menyebabkan tsunami juga terjadi pada 1 Desember 1927, 19 Mei 1938, dan 1 Januari 1996 . Kebanyakan peristiwa kerak dangkal bersejarah yang signifikan terjadi di sepanjang Patahan Palu-Koro dan Zona Subduksi Minahassa dengan peristiwa pada tahun 1995, 2005, dan 2012 menyebabkan kerusakan sedang dan sedikit korban di wilayah Palu-Sigi.



Gambar 3. 3 Tingkat bahaya (dari kiri ke kanan) untuk percepatan tanah puncak (PGA), percepatan spektral periode 0,2 detik dan 1,0 detik untuk periode pengembalian 500 tahun (bagian atas) dan 2.500 tahun (bagian bawah) setelah Cipta et al. (2016).

(sumber : *EEFIT – TDMRC, 2019*)



Gambar 3.4 Penyebaran dan kedalaman gempa bumi bersejarah utama di Sulawesi selama periode 1967 hingga 2012 setelah Supartoyo (2014).

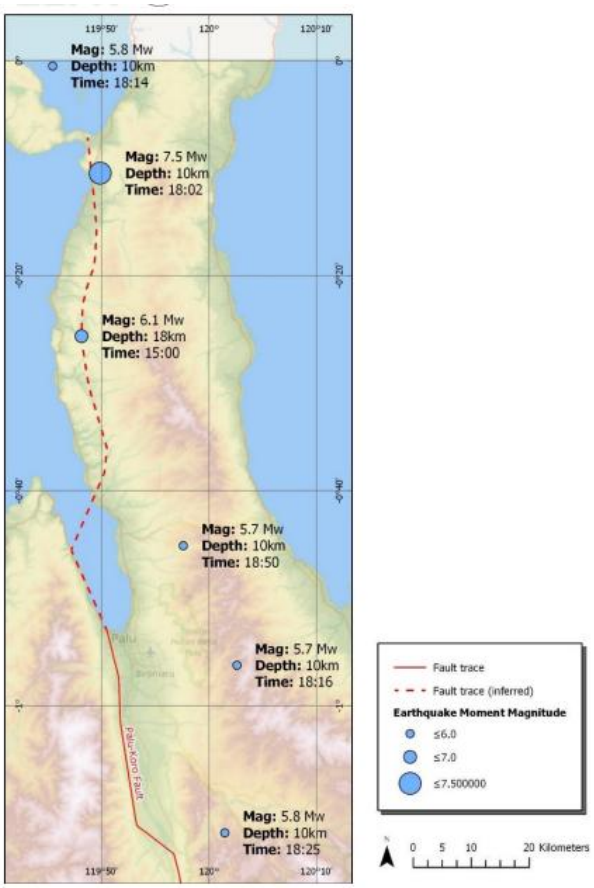
Sumber : (*EEFIT – TDMRC, 2019*)

3.5 Pusat Gempa, Jarak Episenter, dan Kedalaman Gempa

(Kusuma, 2018, dalam Wibisono & Dkk, 2021)(Kusuma, 2018, dalam Wibisono & Dkk, 2021) Hiposenter adalah titik pusat terjadionya gempa bumi pada kedalaman tertentu (Kusuma, 2018, dalam Wibisono & Dkk, 2021). Episenter merupakan titik di permukaan bumi yang terletak dekat dengan sumber gempa bumi, dan jarak episenter adalah jarak antara titik episenter tersebut dengan lokasi yang terkena gelombang gempa. Sementara itu, kedalaman gempa menggambarkan jarak vertikal dari hiposenter (titik fokus gempa) ke permukaan tanah atau episenter.

Secara umum, semakin dekat jarak lokasi dengan episenter gempa dan semakin dangkal kedalaman gempa, kemungkinan besar lokasi tersebut akan mengalami guncangan yang lebih kuat. Hal ini karena energi gempa bumi dapat menyebar dengan lebih efisien ke permukaan tanah jika episenter berada dekat dan gempa memiliki kedalaman dangkal. Dengan demikian, lokasi yang berdekatan dengan episenter gempa dan memiliki kedalaman dangkal memiliki potensi lebih tinggi untuk mengalami guncangan gempa yang intens. Namun, penting untuk dicatat bahwa dampak sebenarnya dari gempa bumi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti magnitudo gempa, kepadatan populasi di area tersebut, serta kekuatan dan ketahanan struktur bangunan di sekitar lokasi tersebut.

Gempa pada tanggal 28 September 2018 terjadi karena retakan pada Patahan Palu-Koro, dengan pusat gempa berlokasi sekitar 80 km di sebelah utara kota Palu dan kedalaman hiposentral yang diperkirakan sekitar 10-15 km. Gempa ini terjadi pada pukul 18:03 waktu setempat dan memiliki magnitudo momen (Mw) sebesar 7.5 dengan panjang retakan total lebih dari 150 km. Dari pengukuran di lapangan, perpindahan rata-rata pada permukaan patahan sekitar 3 hingga 5 meter. Luas total area retakan patahan yang dihitung adalah sekitar 150 km kali 30 km, dengan sebagian besar retakan terjadi di selatan pusat gempa.



Gambar 3.5 Peta gambaran umum Patahan Palu-Koro di area Palu beserta peristiwa-peristiwa utama dalam rangkaian gempa, digambar oleh Tim EEFIT-TDMRC. Pusat-pusat gempa ditunjukkan oleh lingkaran biru (dengan magnitudo, kedalaman, dan waktu).

Sumber : (*EEFIT – TDMRC, 2019*)

3.6 Intensitas Gempa

Dalam zaman dahulu sebelum ditemukan alat untuk mengukur kekuatan gempa bumi, manusia mengandalkan pengamatan langsung di lapangan untuk menentukan seberapa besar gempa tersebut. Mereka melihat respons orang-orang, bangunan, dan lingkungan terhadap gempa sebagai acuan. Skala yang digunakan untuk menggambarkan besarnya gempa disebut intensitas gempa, dan sering kali dinyatakan dalam angka romawi seperti I, II, III, dan seterusnya.

Robert Mallet dari Inggris, yang mempelajari kerusakan yang disebabkan oleh gempa tersebut, kemudian menulis sebuah makalah ilmiah yang sistematis.

Karya ilmiah Mallet dibuat dalam waktu hampir dua bulan(Widodo, 2012). Setelah tiba di lokasi, Mallet mengumpulkan data ilmiah, termasuk informasi tentang tingkat kerusakan bangunan dan bagaimana orang merasakan gempa tersebut. Berdasarkan data ini, Mallet menemukan bahwa meskipun kerusakan bangunan tidak merata, tingkat kerusakan tertentu terlihat serupa atau serupa di beberapa lokasi. Oleh karena itu, Mallet membuat garis kesamaan intensitas (equal intensity), juga dikenal sebagai garis isoseismal, yang menghubungkan lokasi yang mengalami kerusakan yang sama atau hampir sama. Sejak saat itu, garis intensitas gempa telah digunakan dengan sering, dan masih digunakan sampai sekarang. Kemudian, garis intensitas maksimum digunakan untuk menentukan pusat gempa.

Para ahli seismologi kemudian menggunakan konsep intensitas gempa Mallet untuk menggambarkan salah satu ciri gempa. Selanjutnya, intensitas gempa didefinisikan sebagai tingkat kerusakan bangunan, kerusakan muka tanah, dan reaksi manusia terhadap gempa . Konsep intensitas Mallet berkembang seiring perkembangan pengetahuan manusia tentang gempa bumi. Sebuah skala MMI digunakan untuk mengukur intensitas gempa berdasarkan empat parameter utama:

1. Perasaan orang saat gempa terjadi,
2. Reaksi objek terhadap goncangan gempa,
3. Kerusakan bangunan di lapangan akibat gempa, dan
4. Kerusakan lingkungan akibat gempa. (hubungan antara ke 4 parameter dengan Imm dapat dilihat pada Lampiran 4)

Sangat dipengaruhi oleh jarak bagaimana seseorang merasakan atau menanggapi gempa. Efek goncangan tanah terhadap respons orang berkurang semakin jauh dari episenter. Namun demikian, ada variabel tambahan, seperti pengaruh kondisi tanah lokal dan pengaruh geografis. Sebuah survai harus dilakukan di banyak lokasi yang terpengaruh oleh gempa untuk mengumpulkan tanggapan orang saat gempa terjadi. Selain respons orang, respons objek juga dapat digunakan untuk mengukur intensitas gempa. Lampu gantung, foto yang diikat di dinding, jendela, pintu, almari, air di dalam gelas yang diletakkan di atas meja, piring-piring yang ditata tegak di rak dapur, mobil yang berhenti, dan banyak lagi

adalah hal-hal yang sering diperhatikan. Saat gempa terjadi, objek-objek ini akan menunjukkan reaksi tertentu.

3.7 Sejarah Kegempaan Di Palu

Daerah Palu adalah salah satu wilayah di Indonesia yang sering mengalami aktivitas seismik karena terletak di sepanjang segmen sesar yang berpotensi memicu gempa bumi kuat, yaitu Sesar Palu-Koro yang membentang dari Palu ke arah Selatan dan Tenggara. Jika melihat kedalaman gempa bumi, sebagian besar gempa yang terjadi di zona ini cenderung dangkal, dengan kedalaman antara 0 hingga 60 kilometer. Karena kondisi ini, aktivitas gempa di daerah tersebut meningkatkan risiko terjadinya tsunami.

Kawasan Kota Palu dan sekitarnya telah terbukti rentan terhadap gempa bumi dan tsunami, sebagaimana dicatat dalam beberapa kejadian sejarah sejak tahun 1927. Beberapa contohnya adalah gempa bumi dan tsunami Palu pada tahun 1927, gempa bumi dan tsunami Tambu pada tahun 1968, serta gempa bumi dan tsunami Toli-Toli dan Palu pada tahun 1996 (Daryono, 2011). Episentrum kejadian gempa bumi yang menyebabkan terjadinya tsunami yang melanda Kota Palu juga tercatat dalam catatan tersebut.

3.8 Gempa bumi Palu 2018

Gempa bumi Palu 2018 adalah salah satu bencana alam yang paling menghancurkan yang pernah terjadi di Indonesia. Pada tanggal 28 September 2018, Kota Palu, yang terletak di Sulawesi Tengah, diguncang oleh serangkaian gempa bumi dan tsunami yang mengakibatkan kerugian besar dalam jumlah korban jiwa, kerusakan infrastruktur, dan penderitaan yang mendalam bagi masyarakat setempat.

Pada pukul 18:02 WIB, sebuah gempa bumi dengan magnitudo 6,1 terjadi di perairan Donggala, sekitar 70 kilometer utara Kota Palu. Kurang dari satu menit kemudian, pada pukul 18:03 WIB, gempa yang lebih kuat dengan magnitudo 7,5 mengguncang wilayah tersebut. Getaran gempa tersebut sangat kuat dan berlangsung selama sekitar 30-40 detik, menciptakan kepanikan di antara penduduk. Episentrum gempa terletak di daratan, sekitar 10 kilometer di sebelah utara Kota Palu, dengan kedalaman dangkal sekitar 10 kilometer di bawah

permukaan. Gempa ini terjadi akibat aktivitas sesar di daerah tersebut. Guncangan yang kuat mengakibatkan kerusakan parah pada bangunan dan infrastruktur di Kota Palu dan sekitarnya. Banyak gedung dan rumah roboh, dan jalan-jalan berlubang. Namun, kerusakan akibat gempa belum berakhir. Sekitar 20 menit setelah gempa bumi, terjadi tsunami yang membanjiri wilayah pesisir. Tsunami ini dipicu oleh pergerakan dasar laut akibat gempa tadi. Gelombang tsunami dengan ketinggian mencapai 6 meter menyapu pantai Kota Palu dan daerah sekitarnya dengan kecepatan yang mengerikan. Tsunami ini melanda dengan cepat, memberi sedikit waktu bagi warga untuk berlindung atau melarikan diri. Wilayah pesisir Kota Palu, terutama Talise, Petobo, dan Jono Oge, menderita dampak terparah. Banyak pemukiman dan bangunan di daerah ini sepenuhnya terendam air laut. Banyak warga terjebak di dalam rumah mereka yang roboh atau terperangkap di bawah reruntuhan. Proses evakuasi dan pencarian korban menjadi sangat sulit karena kerusakan infrastruktur dan kesulitan akses. Bencana ini menimbulkan korban jiwa yang sangat besar. Menurut perkiraan resmi, lebih dari 4.300 orang tewas akibat gempa dan tsunami ini, ribuan orang hilang, dan puluhan ribu orang kehilangan tempat tinggal. Banyak keluarga kehilangan anggota keluarga mereka dan dipaksa untuk menghadapi trauma dan kesedihan mendalam.

3.9 Likuifaksi

Likuifaksi, menurut Seed et al. (1975), adalah perubahan keadaan tanah pasir yang jenuh udara menjadi cair.akibat peningkatan tekanan udara pori, yang nilainya sama dengan tegangan total tanah karena beban dinamis yang bekerja, akibatnya, tegangan efektif tanah tidak ada sama sekali. Likuifaksi adalah fenomena di mana tanah kehilangan banyak kekuatan (strength) dan kekakuan (stiffness) dalam waktu yang singkat. Namun, likuifaksi menyebabkan banyak kerusakan dan kerugian ekonomi. Hilangnya susunan kekuatan tanah ini disebabkan oleh beban siklik yang dihasilkan oleh gempa bumi.

Dalam beberapa kasus, likuefaksi mungkin tidak menyebabkan kerusakan langsung. Likuefaksi semacam ini sering terjadi di lapisan tanah aluvial, di mana butiran pasir dan air terdorong ke permukaan tanpa menyebabkan kerusakan yang signifikan pada infrastruktur(Dowrick dkk., 2008). Meskipun semburan pasir dan

air terlihat di permukaan tanah, struktur di sekitarnya tetap stabil. Tapi fenomena likuefaksi ini dapat berdampak lebih luas dalam beberapa situasi. Likuefaksi dapat menyebabkan banyak pembusukan pasir dan semburan air yang terus-menerus muncul di permukaan di dataran aluvial yang luas. Di tepi sungai, danau, kanal, atau badan air lainnya, fenomena ini juga dapat disertai dengan fenomena penyebaran lateral, yaitu pergerakan horizontal tanah yang menyebabkan retakan atau fisura di sepanjang tepi air. Semburan pasir dan air serta pergeseran tanah dapat menyebabkan kerusakan pada tebing sungai, struktur tepi sungai, atau bahkan amblesan tanggul sungai.

Fenomena lateral spreading ini sangat merusak karena dapat menyebabkan keruntuhan atau ketidakstabilan pada struktur di sekitar badan air (Jalil dkk., 2021). Tanggul sungai, misalnya, dapat mengalami penurunan atau longsor akibat pergeseran tanah tersebut. Kondisi ini akan sangat berbahaya terutama pada daerah yang bergantung pada tanggul untuk mencegah banjir. Fenomena likuefaksi semacam ini biasanya terjadi pada tanah aluvial yang sangat jenuh, di mana struktur tanah tidak memiliki ikatan yang kuat untuk menahan pergerakan air dan pasir selama guncangan atau gempa bumi.

3.10 Distribusi Korban

Dalam kejadian gempa bumi, umumnya terjadi kerusakan pada infrastruktur publik seperti bangunan, jembatan, jalan, dan lain sebagainya. Dampak dari kerusakan tersebut dapat menyebabkan korban baik dalam bentuk kerugian harta maupun korban jiwa. Kerugian harta terkait dengan kerusakan bangunan rumah yang dialami oleh penduduk. Sementara itu, korban jiwa dan luka-luka sering terjadi karena tertimpa bangunan rumah, pohon atau ranting, serta objek berat lainnya seperti tiang listrik.

3.11 Distribusi Kerusakan Bangunan

Energi yang dilepaskan oleh gempa bumi menyebabkan guncangan yang menghasilkan kerusakan yang bervariasi di berbagai lokasi. Kerusakan yang terjadi juga berbeda-beda di setiap lokasi karena jenis rumah yang berbeda-beda di setiap tempat. Biasanya, survei dilakukan untuk menentukan distribusi kerusakan pada setiap jenis bangunan di suatu lokasi. Format yang digunakan untuk

menggambarkan kemungkinan distribusi kerusakan ini bergantung pada metode yang digunakan untuk menafsirkan parameter ancaman gempa bumi.

Ancaman makroseismik merujuk pada berbagai karakteristik guncangan dalam berbagai tingkat intensitasnya. Umumnya, dalam analisis ini, sering digunakan probabilitas matriks kerusakan (DPM) yang telah secara luas diterapkan. DPM digunakan untuk menunjukkan probabilitas distribusi kerusakan pada berbagai tingkatan kerusakan yang mungkin terjadi akibat guncangan gempa, dengan mempertimbangkan kelas bangunan yang berbeda.

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat contoh dari DPM untuk bangunan tembok lemah (weak masonry buildsings) yang di buat oleh Zaccaro (1998)

Tabel 3. 1 Tipe Dari DPM Untuk Bangunan Tembok Yang lemah

Damage Level		***Intensity (European Macroseismic Scale) (%)***					
		V	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
DO	No Damage	90,4	18,8	6,4	0,1	0	0
D1	Slight Damage	9,2	37,3	23,4	1,8	0.2	0
D2	Moderate Damage	0,4	29,6	34,4	10,0	2,0	0,4
D3	Subtansial to Heavy damage	0,0	11,7	25,2	27,8	12,5	4,7
D4	Very heavy damage	0,0	2,3	9,2	38,7	38,3	27,9
D5	Destruction	0,0	0,2	1,4	21,6	47,0	67,0

Sumber : Zaccaro (1998) dalam Wijaya, (2009)

Pada penelitian sebelumnya, Ozmen (2000) telah menggambarkan hubungan antara presentase tingkat kerusakan pada gempabumi Izmit, Turki. Dalam penSelitiannya, Ozmen membagi tingkat kerusakan menjadi tiga kelas, yaitu rusak ringan, rusak sedang, danS rusak berat. Sebaliknya, Zaccaro (1998) menggunakan skala tingkat kerusakan yang terbagi menjadi lima kelas, mulai dari D0 (tidak rusak) hingga D5 (rusak total).

Namun, Ozmen (2000) tidak secara spesifik memperhatikan tingkat kerusakan untuk tipe bangunan tertentu seperti yang dilakukan oleh Zaccaro (1998). Penelitian Ozmen (2000) lebih fokus pada evaluasi kerusakan secara umum pada bangunan. Tabel 3.2 dalam penelitian Ozmen (2000) memberikan contoh yang lebih jelas mengenai hubungan presentase kerusakan.

Tabel 3. 2 Hubungan Presentase Kerusakan Dengan MM Isosesimal

Intensity	No of heavily damaged	No. Of Heavily Damaged (%)	No. Of Moderetely Damaged	No. Of Moderately Damaged (%)	No. Of Slightly Damaged	No. Of Slightly Damaged (%)
VI	1111	0,04	6023	0,22	6496	0,24
VII	3241	0,91	9514	2,67	9232	2,59
VIII	4398	2,82	6883	4,42	8289	5,31
IX	24824	15,7	28726	18,16	35977	22.75
X	32458	33,06	15009	15,29	18786	19,14

Sumber : Ozmen (2000) dalam Wijaya (2009)

3.12 Penilaian Kerusakan Bangunan

Evaluasi kerusakan bangunan akibat gempabumi sering kali menimbulkan kesulitan karena perbedaan mekanisme dan model kerusakan pada setiap jenis bangunan. Selain itu, tingkat kerusakan yang terjadi juga tergantung pada tujuan klasifikasi kerusakan bangunan yang ingin dicapai. Klasifikasi kerusakan banmguna sudah lama telah di lakuka sejak lama, misalnya yang terjadi di di China pada tahun 1957. Kerusakan banguna di kelompokkan menjadi 4 kelas yang kemudian di modifikasi oleh Han dan Zou (1997) menjadi 5 kelas untuk klasifikasi bangunan rusak akibat gempa Lijiang (1996)

Tabel 3. 3 Klasifikasi Kerusakan

No	Tingkat Kerusakan	Penjelasan
1	Roboh	Roboh atau rusak serius, bangunan harus dirobohkan dan dibutuhkan rekonstruksi kembali
2	Sangat Rusak	Rusak serius untuk bagian yang penting atau sebagian robohm dibutuhkan perbaikan intensif
3	Rusak Sedang	Kerusakan sangat nyata pada bagian yang tidak prinsip dan atau beberapa saja kerusakan pada bagian yang prinsip, bangunan dapat dipakai kembali setelah perbaikan atau perkuatan
4	Rusak Ringan	Kerusakan pada bagian yang tidak prinsip atau rusak ringan untuk bagian yang prinsip,

		banguna dapat tetap digunakan meskipun tanpa perbaikan
5	Tidak Rusak	Tanpa kerusakan atau rusak ringan sekali untuk bagian yang tidak prinsip

(Sumber : Han dan Zhu, 1997 dalam Wijaya , 2009)

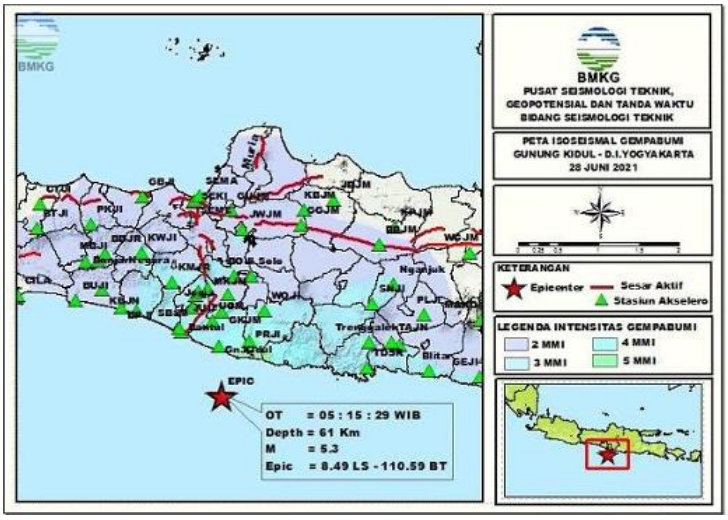
3.13 Isoseismal

Isoseismal adalah istilah yang diperkenalkan oleh ahli geofisika asal Irlandia, Robert Mallet. Ia menciptakan konsep garis isoseismal, yang menghubungkan lokasi-lokasi yang mengalami kerusakan hampir sama akibat gempa. Penelitian Robert Mallet ini menjadi dasar dalam penggunaan intensitas gempa untuk pembuatan peta isoseismal, yang umumnya diukur dengan skala Modified Mercalli Intensity (MMI).

Awalnya, pembuatan peta isoseismal berfokus pada besarnya kerusakan bangunan akibat gempa, tetapi kemudian berkembang untuk mencakup respon manusia terhadap gempa, reaksi objek, kerusakan lingkungan, dan bahkan respon hewan terhadap goncangan gempa. Dalam pembuatan peta isoseismal, data intensitas gempa dari berbagai daerah yang terkena dampak dikumpulkan, diolah, dan dianalisis untuk mencari kesamaan intensitas gempa. Daerah-daerah dengan intensitas gempa yang serupa atau hampir sama akan dihubungkan untuk membentuk garis kontur intensitas, yang dikenal sebagai isoseismal.

Dengan menggunakan metode ini, isoseismal membantu menggambarkan distribusi intensitas gempa di berbagai wilayah, yang dapat memberikan informasi penting tentang dampak gempa pada masyarakat, bangunan, lingkungan, dan hewan.

Sebagai contoh isoseismal diperlihatkan pada **Gambar 3.6** berikut ini.



Gambar 3.6 Peta Isoseismal gempa bumi gunung kidul, D.I Yogyakarta 28 juni 2021

(Sumber : BMKG)

3.14 Arc-view GIS dan Pembuatan Kontur

ArcView GIS adalah salah satu aplikasi desktop Sistem Informasi Geografis (SIG) dan pemetaan yang dirancang oleh ESRI. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk visualisasi data, menjelajahi informasi geografis, menjawab pertanyaan (baik berbasis spasial maupun nonspasial). menganalisis data secara geografis dan melakukan berbagai tugas terkait pemetaan.

Aplikasi ini mempunyai kemmapuan antara lain, membuat peta tematik, menampilkan informasi (basisi data) spesial maupun atribut, Melakukan fungsi – fungsi khusus dengan tambahan extension (Guntara.com). Dalam berbagai disiplin ilmu seperti geografi, geologi, teknik sipil, dan bidang ilmu lainnya, ArcView telah menjadi pilihan utama dan sering digunakan. Salah satu fitur yang mudah digunakan dalam ArcView adalah pembuatan kontur. Kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan elevasi yang sama. Dalam ArcView, pembuatan kontur dapat dilakukan dengan menginterpolasi ketinggian antar titik-titik yang ada.

3.15 Hubungan Empirik Antara Percepatan Tanah dan Intensitas MMI

Penelitian yang dilakukan oleh dan rekan-rekannya pada tahun 1999 membahas korelasi antara percepatan tanah akibat gempabumi dengan intensitas gempa bumi. Dalam studi ini, mereka mengembangkan hubungan regresi antara Modified Mercalli Intensity (MMI, yang direvisi oleh Richter pada tahun 1958), akselerasi puncak tanah (PGA), dan kecepatan puncak tanah (PGV). Penelitian ini melibatkan analisis gerakan horizontal peak ground yang terjadi pada delapan kasus gempa bumi di California.

(Wald & Dkk, 1999)(Wald & Dkk, 1999)(Wald & Dkk, 1999) membuat model atenuasi percepatan dan intensitas sebagai berikut :

$$Imm = A \log (PGA) \pm B \qquad (3.1)$$

Dimana :

Imm adalah nilai intensitas Modified Mercalli Intensity, A dan B adalah suatu koefisien.

Kemudian setelah menganalisis seluruh data, D.J Wald dkk (1999) mengusulkan persamaan atenuasi hubungan antara percepatan dan intensitas untuk rentang MMI terbatas.

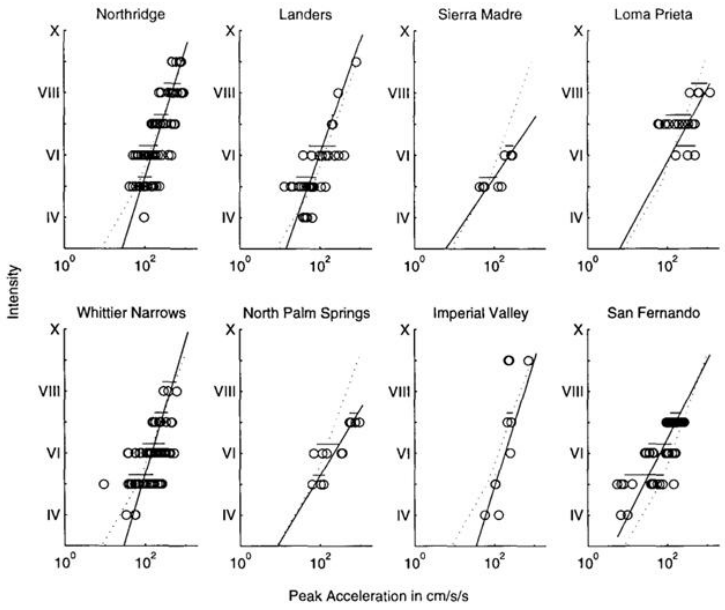
Untuk rentang MMI $V \leq Imm \leq VIII$ maka :

$$Imm = 3{,}66 \text{ Log } (PGA) - 1{,}66 \qquad (3.2)$$

Untuk rentang MMI, $I \leq Imm \leq V$ maka :

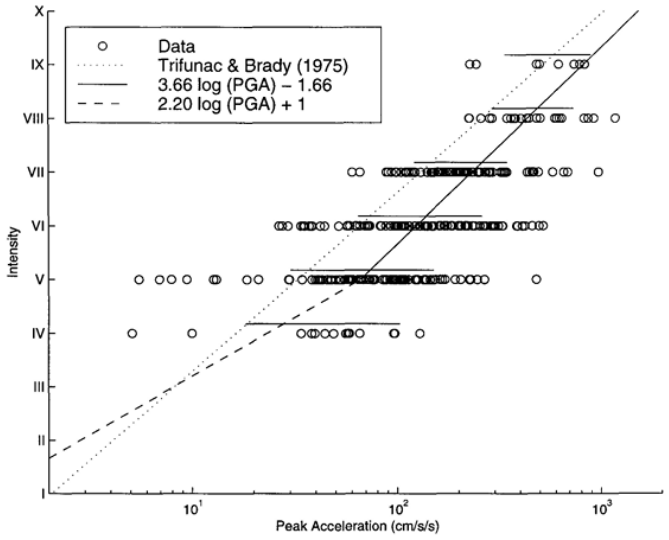
$$Imm = 2.20 \text{ Log } (PGA) + 1 \qquad (3.3)$$

Untuk lebih jelasnya, korelasi nilai MMI dan PGA pada 8 (delapan) kasus gempa bumi di California dapat dilihat pada Gambar 3.13 dan gabungan dari korelasi nilai MMI dan PGA pada 8 (delapan) kasus gempa bumi di California dapat dilihat pada **Gambar 3.7** sebagai berikut.



Gambar 3. 7 Modified Mercalli Intensity (MMI) di Plot Terhadap Percepatan Tanah (PGA)

(Sumber : Wald & Dkk, 1999)



Gambar 3.8 Gabungan Dari Korelasi Nilai MMI dan PGA Pada Kasus Gempa Bumi California

(Sumber : Wald & Dkk, 1999)

Sejumlah penelitian terdahulu, termasuk karya pada tahun Newmann (1954), serta Trifunac dan Brady (1975), beserta penelitian-penelitian lainnya, telah menghasilkan berbagai grafik yang menggambarkan hubungan antara percepatan tanah dan intensitas gempa. Walaupun persamaan yang dikembangkan oleh para peneliti tersebut berbeda-beda dalam beberapa aspek, umumnya terdapat kesamaan dalam pendekatan atau pola yang digunakan. Persamaan tersebut secara umum adalah$Log(ah) = a.Imm \pm b$. Untuk menyusun persamaan ini, dibutuhkan data berupa nilai intensitas gempa (MMI) dan rekaman percepatan tanah (ah) sebagai dasar analisis.

Untuk Persamaan Newmann (1954) dapat dilihat sebagai berikut

Log (ah) = 0,308 Imm – 0,041 (3.4)

Untuk Persamaan Trifunac & Brady (1975) dapat dilihat sebagai berikut :

Log (ah) = 0,35 Imm – 0,435 (3.5)

3.16 Kerentanan Dan Kurva Kerentanan

Menurut Coburn dan Spence (2002) dalam (Wijaya 2009) , kerentanan (vulnerability) merujuk pada seberapa besar kerugian yang mungkin dialami oleh elemen yang berisiko akibat tingkat ancaman (hazard) yang ada. Kerentanan suatu elemen diukur dengan membandingkan kerugian maksimum yang mungkin terjadi dengan total kerugian yang mungkin, dinyatakan dalam rentang 0 hingga 1 (atau 0 hingga 100%). Cara mengukur kerugian ini bervariasi tergantung pada jenis elemen yang berisiko, termasuk rasio korban jiwa atau korban luka terhadap jumlah populasi, rasio biaya perbaikan, atau tingkat kerusakan fisik yang diukur sesuai dengan skala kerusakan yang ditentukan. Dalam kasus banyak bangunan, kerentanan dihubungkan dengan proporsi bangunan yang mengalami tingkat kerusakan tertentu. Dalam kasus pada kejadian gempa ini, Coburn dan Spence (2002) dalam Wijaya (2009) mmeberikan contoh kerentanan dalam intensitas gempa VIII MMI mungkin di definisikan sebagai berikut :

70 % dari bangunan mengalami rusak berat atau lebih parah pada intensitas VIII MMI, atau rata – rata rasio biaya untuk perbaikan 55 % pada intensitas VIII MMI.

Coburn dan Spence (2002) menjelaskan bahwa terdapat dua pendekatan dalam memperkirakan kerentanan, yaitu prediksi kerentanan dan observasi kerentanan. Prediksi kerentanan melibatkan estimasi performa bangunan berdasarkan perhitungan dan desain spesifik, atau dengan bantuan penaksir ahli berpengalaman jika tidak ada metode lain yang sesuai. Di sisi lain, observasi kerentanan melibatkan estimasi berdasarkan statistik kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi sebelumnya. Metode ini cocok digunakan oleh para ahli struktur.

Kurva kerentanan bangunan rumah tinggal diperoleh dari instansi pemerintahan setempat, yang akan dikategorikan berdasarkan daerah intensitas masing-masing. Data ini mencakup rumah yang rusak sebelum gempa dan rumah yang rusak sesudah gempa.

3.17 Hubungan Antara Rasio Kerusakan (*Damage Ratio*) dan Tingkat Keruskan (*Damage State*)

Nilai kerusakan yang dialami oleh suatu bangunan akibat gempa bumi dapat dihitung dengan membandingkan nilai bangunan setelah mengalami kerusakan dengan nilai bangunan sebelum kerusakan tersebut terjadi. Perbandingan ini menghasilkan rasio kerusakan bangunan, sebagaimana dijelaskan oleh Wijaya (2009). Rasio kerusakan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase (%) dan digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat keparahan kerusakan yang disebabkan oleh gempa pada suatu bangunan. Rasio kerusakan tidak hanya menggambarkan seberapa besar dampak kerusakan, tetapi juga berkaitan erat dengan tingkat kerusakan yang dialami bangunan. Dengan demikian, rasio ini menjadi parameter penting dalam menentukan klasifikasi tingkat kerusakan suatu bangunan akibat gempa bumi.

Hubungan antara tingkat kerusakan, presentase kerusakan, dan nilai ekonomi kerusakan telah dikembangkan oleh (FEMA, 1999) dapat dilihat pada **Tabel 3.4** berikut.

Tabel 3.4 Hubungan Antara Tingkat Kerusakan Presentase Kerusakan, Dan Nilai Kerugian Akibat Gempa

No	Tingkat Kerusakan	Presentase Kerusakan	Rata – rata nilai ekonomi kerugian
1	Slight	1% ≤ kerusakan ≤ 15%	2 %
2	Moderate	15% ≤ kerusakan ≤ 40%	10 %
3	Extensive	40% ≤ kerusakan ≤ 80%	50 %
4	Complete	80% ≤ kerusakan ≤ 100%	100 %

Sumber : FEMA,1999 dalam Sarwidi dan Winarno (2006)

Jika jumlah bangunan rumah tinggal yang rusak (n) dan tingkat kerusakan masing-masing tingkat kerusakan diketahui, jumlah keseluruhan bangunan rumah tinggal (N) dalam daerah intensitas gempa tersebut diketahui, dan rata-rata rasio kerusakan/rasio kerusakan rata-rata (MDR) untuk masing-masing tingkat kerusakan diketahui, maka dapat digunakan untuk menghitung besarnya rasio kerusakan bangunan rumah tinggal dalam daerah intensitas gempa tersebut. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Dr = (MDR B x nB + MDR S x nS + MDR R x nR + MDR T x nT) / N……(3.6)

Dimana :

Dr = Rasio Kerusakan (*damage ratio*)

MDR B = MDR rusak berat

MDR S = MDR rusak sedang

MDR R = MDR rusak ringan

MDR T = MDr tidak rusak

N = Jumlah rumah total yang diteliti baik rusak maupun tidak rusak

nB = jumlah rumah rusak berat

nS = Jumlah rumah rusak sedang

nR = Jumlah rumah rusak ringan

nT = jumlah rumah tidak rusak

3.18 Biaya Konstruksi Bangunan

Biaya konstruksi bangunan dihitung dengan mengalikan total volume pekerjaan dengan harga satuan untuk setiap item pekerjaan. Pengertian ini dapat disederhanakan dalam bentuk rumus sebagai berikut.

$$BKB = \sum V \times HSP \quad \text{.....(3.7)}$$

Dimana :

BKP = biaya konstruksi bangunan

V = volume pekerjaan

HSP = harga satuan pekerjaan

Dalam menghitung biaya konstruksi bangunan, terdapat beberapa hal yang perlu dipahami, yaitu beberapa definisi berikut.

1. *volume pekerjaan* adalah satuan jenis pekerjaan yang diwakili dalam satuan volume (m3), luas (m2), panjang (m), unit, buah, dan satuan lainnya. Sebagai contoh misal nya
   Pasangan Pondasi Batu kali 1pc : 4ps= 20,00 m^3
   Pasangan keramik 30 x 30 = 120,00 m^2
2. *harga satuan bahan* adalah biaya yang harus dibayar untuk membeli satu jenis bahan untuk konstruksi tertentu, sebagai contoh;
   Batu kali belah = Rp.40.000,00
   Pasir pasang = Rp.45.000,00
3. *harga satuan upah* adalah jumlah yang harus dibayar untuk pekerjaan tertentu, seperti contoh
   Pekerja = Rp.80.000,00
   Tukang batu = Rp.100.000,00
4. *Indeks bahan* adalah nilai kuantitatif yang menunjukkan jumlah bahan bangunan yang diperlukan untuk setiap satuan jenis pekerjaan.
5. Indeks tenaga kerja adalah nilai kuantitatif yang menunjukkan kebutuhan waktu untuk menyelesaikan setiap satuan jenis pekerjaan.
6. Harga satuan pekerjaan adalah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan satu jenis pekerjaan konstruksi tertentu. Sebagai contoh misal nya

Bahan

-	Batu belah	= 1,2 m3	x Rp.283.750	= Rp.340.500
-	Semen Portland	= 61 kg	x Rp1.175	= Rp.71.675
-	Kapur	= 0,147 m^3	x Rp.55.250	= Rp.8.122
-	Pasir Pasang	= 0,485 m^3	x Rp.141.400	= Rp.68.579
			Jumlah Bahan (I)	= Rp.488.876

Tenaga

-	Pekerja	= 1,5 OH	x Rp.80.000	= Rp.120.000
-	Tukang batu	= 0,75 OH	x Rp.100.000	= Rp.75.000
-	Kepala Tukang	= 0,075 OH	x Rp.150.000	= Rp.11.250
-	Mandor	= 0,075 OH	x Rp.125.000	= Rp.9.375
			Jumlah Tenaga (II)	= Rp.215.625
			Jumlah (I) + (II)	= Rp.704.501

3.19 Analisa Kerugian Fisik Bangunan Rumah

Untuk menghitung total biaya yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi, dapat menggunakan pendekatan berdasarkan proporsi biaya yang biasanya dibutuhkan dalam proses pembangunan sebuah rumah. Dengan kata lain, estimasi biaya perbaikan dilakukan dengan mempertimbangkan pembagian biaya yang umumnya dialokasikan pada setiap bagian atau komponen rumah selama konstruksi. Pendekatan ini memberikan kerangka acuan yang sistematis untuk mengidentifikasi dan menghitung kebutuhan anggaran secara lebih rinci, sehingga perhitungan biaya perbaikan dapat dilakukan dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

$R_b = \sum BB \times BR$……(3.8)

dimana

R_b = nilai kerugian biaya bangunan rumah (rupiah)

BB = nilai bobot biaya untuk setiap komponen bangunan (rupiah)

BR = bobot kerusakan setiap komponen bangunan (%)

BAB IV
METODE PENELITIAN

Indonesia adalah wilayah yang rawan gempa bumi, namun jarang penelitian tentang gempa bumi dilakukan di sana. Salah satu kendala yang menghalangi kemajuan ilmu pengetahuan dalam ilmu kegempaan di Indonesia adalah keterbatasan alat (alat perekam gempa) dan data (data yang diperlukan). Tidak ada data tentang percepatan tanah dari alat intensitimeter (accelelograf) yang dipasang di beberapa titik stasiun gempa dalam penelitian yang berkaitan dengan peta isoseismal ini. Karena keterbatasan ini, penelitian ini akan menggunakan metode lain, yaitu tabel skala intensitas MMI. Metode ini hanya bersifat subyektif karena didasarkan pada perasaan individu, respon benda, respon lingkungan, dan respon bangunan. Namun diharapkan penelitian ini dapat membuat peta isoseismal yang dapat mewakili gempa palu yang terjadi pada tahun 2018.

Penelitian rasio tentang kerusakan bangunan rumah tinggal juga sulit karena banyak bangunan yang diperbaiki setelah peristiwa gempa . Oleh karena itu, cara lain untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk penelitian adalah dengan melakukan wawancara langsung dengan pemilik rumah yang terkena dampak gempa untuk menggambarkan bagaimana rumah mereka akibat rusaknya gempa.

Dengan mempertimbangkan keluasan wilayah dan banyaknya rumah yang rusak, tentunya tidak mungkin untuk melakukan penelitian populasi. Penelitian ini akan menggunakan penelitian sampel karena waktu, biaya, dan tenaga yang diperlukan. Menurut Suharsimi (2006), tidak semua populasi harus diteliti dalam penelitian sampel. Penelitian dengan sampel sendiri dapat dilakukan dalam dua cara: sampel probabilitas (random atau acak) atau sampel non-probability (non random). Metode yang dipilih bergantung pada tujuan penelitian. Menurut Moleong (1993), penelitian ini akan bersifat deskriptif kualitatif dengan tujuan untuk memahami peristiwa dengan individu dalam situasi tertentu.

Untuk mempermudah alur kerja jalannya penelitian di atas, maka perlu dibuat metodologi penelitian yang akan memberikan gambaran secara jelas tentang pengumpulan data, pengolahan data dan penyajian hasil. Metode penelitian ini berisi uraian-uraian sebagai berikut.

4.1 Lokasi Penelitian

Pada Penelitian kali ini berlokasi di kota Palu yang merupakan kota yang terdampak gempa Palu 2018.



Gambar 4. 1 Peta Kota Palu Dan Sekitarnya
(Sumber : /*www.researchgate.net/figure/Gambar-1-Peta-lokasi-gempa-bumi-Palu Donggala-28-September-2018*)

Pada kejadian gempa bumi Palu 2018, Kabupaten Doggala merupak pusat dari Gempa bumi Palu 2018 itu terjadi, namun tidak hanha di situ saja, Dampak dari Gempabumi ini juga dapat di rasakan Sampai kabupaten lainya seperti Parigi moutong , Poso, dan kabpuaten lain yang berada di sulawesi tengah.

Untuk membuat peta isoseismal, kuesioner akan dibagikan di wilayah yang terkena dampak gempa bumi Palu 2018. Untuk meneliti rasio kerusakan bangunan rumah tinggal, data akan dikumpulkan dari rumah tinggal bata yang mengalami kerusakan saat gempa bumi terjadi.

4.2 Alat Dan Bahan

Alat atau instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. blanko kuesioner / angket untuk responden
2. peta wilayah sesuai kebutuhan
3. Kamera atau handphone sebagai alat dokumentasi
4. komputer dan printer sebagai perangkat keras untuk pengolahan data dan mencetak
5. software MS-Excel sebagai perangkat lunak untuk membantu pengolahan data
6. software Arc-View GIS untuk menggambar peta isoseismal
7. alat – alat tulis sebagai alat bantu pada saat pengambilan data dilapangan.

4.3 Data Dan Jalannya Penelitian

Untuk data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini akan dilihat sebagai berikut.

4.3.1 Data Primer

Data primer yang dimaksud meliputi data – data pokok yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data dari penelitian melalui pembagian kuesioner/angket, wawancara, dan observasi lapangan

4.3.1.1 Kuisioner Atau Angket

Untuk mendapatkan data yang diperlukan, peta isoseismal dibuat dengan membagi kuesioner kepada responden berdasarkan wilayah yang terkena dampak. Penelitian ini menggunakan sampel nonprobability (sampel tidak acak/tidak random) karena sesuai dengan karakteristik penelitian deskriptif kumulatif. Hal ini disebabkan oleh keinginan peneliti untuk memberikan deskripsi mendalam.

Menurut Suharsimi (2006), teknik pengambilan sampel bertujuan—juga dikenal sebagai sampel bertujuan—digunakan untuk mendapatkan data isoseismal dalam penelitian. Ini dilakukan dengan cara mengambil sampel berdasarkan tujuan, bukan strata atau random. Terbatasnya waktu penelitian, jumlah tenaga yang dibutuhkan, dan biaya yang akan dikeluarkan adalah beberapa alasan mengapa metode ini dipilih.

Setiap kecamatan akan menerima sampel palu dan donggala berdasarkan metode yang telah dipilih. Dengan cara ini, peta isoseismalnya menjadi lebih dekat dengan pusat gempa dan lebih jauh dari pusat gempa.

Kuesioner akan dibagi menjadi empat jenis pertanyaan: perasaan orang, respons terhadap benda, respons terhadap bangunan, dan respons terhadap lingkungan yang terjadi. Kuesioner dibuat semudah mungkin agar responden mudah menjawab pertanyaannya.

4.3.1.2 Wawancara

Wawancara ini dilakukan dengan beberapa individu yang sebelumnya menerima kuesioner yang dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kejadian gempa bumi. Untuk wawancara ini, sebisa mungkin dipilih responden yang dapat menggambarkan secara jelas dan dapat dipertanggungjawabkan peristiwa yang terjadi. Responden seperti ini dapat termasuk kepala desa, kepala dusun, atau individu yang bekerja di bidang teknik sipil. Isi wawancara akan membahas apa yang terjadi saat gempa, dengan pertanyaan yang sederhana agar responden mudah menjawabnya. Ini dilakukan agar hasil wawancara dapat digunakan dan melengkapi informasi dari kuesioner dan observasi lapangan.

4.3.1.3 Observasi Lapangan

Agar didapat hasil yang lebih baik, maka dilakukan observasi lapangan untuk pengambilan data selanjutnya. Hal ini dilakukan agar peneliti dapat melihat situasi lapangan secara langsung daripada hanya mengandalkan informasi dari informan. Pembuatan peta isoseismal dan rasio kerusakan akan menjadi topik observasi lapangan ini. Untuk mempermudah proses observasi lapangan, peneliti telah membuat blangko khusus untuk memudahkan pengumpulan data.

Blangko ini akan berisi hasil dari pengukuran yang telah dilakukan dan temuan dari wawancara dengan pemilik bangunan yang ditinjau. Sebagai pendukung dari pembuatan peta isoseismal, nantinya akan dilakukan pengambilan foto – foto kerusakan dari bangunan yang ditinjau dan untuk kepentingan rasio kerusakan (damage ratio) akan dilakukan pengambilan foto – foto.

Dalam kaitannya tentang rasio kerusakan (damage ratio), peneliti akan mengalami sedikit kesulitan karena untuk menemukan bangunan yang masih dalam

kondisi rusak pasca terjadinya gempa akan sulit ditemukan. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya bangunan rumah tinggal yang telah diperbaiki sehingga sumber data yang dibutuhkan menjadi sangat sedikit. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan teknik pengambilan sampel bertujuan (purposive sample) karena peneliti hanya akan mengambil contoh sampel yang sesuai dengan kebutuhan peneliti.

4.3.2 Data Sekunder

Selain data primer, diperlukan data sekunder untuk mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan. Data sekunder dapat digunakan untuk membuat peta isoseismal. ditunjukkan di bawah ini.

1. Magnitudo data dan pusat gempa
2. Informasi tentang kerusakan bangunan dan gambar—gambar kerusakan yang disebabkan oleh gempa palu 2018 dari berbagai sumber
3. Informasi dari berbagai sumber tentang kondisi saat gempa terjadi.
4. Informasi tentang intensitas gempa dari berbagai sumber, seperti BMKG
5. Data peta yang mencakup area Pulau Palu dengan koordinat

Data sekunder yang diperlukan untuk penelitian tentang rasio kerusakan bangunan (damage ratio) antara lain.

1. Foto menunjukan Kerusakan yang terjadi pada elemen bangunan
2. standar harga bahan dan upah tahun 2018

4.4 Metode Analisis

Untuk metode analisis penelitian kali ini, berbagai referensi dari penelitian dan teori sebelumnya akan digunakan. Berikut adalah urutan analisis yang akan dilakukan.

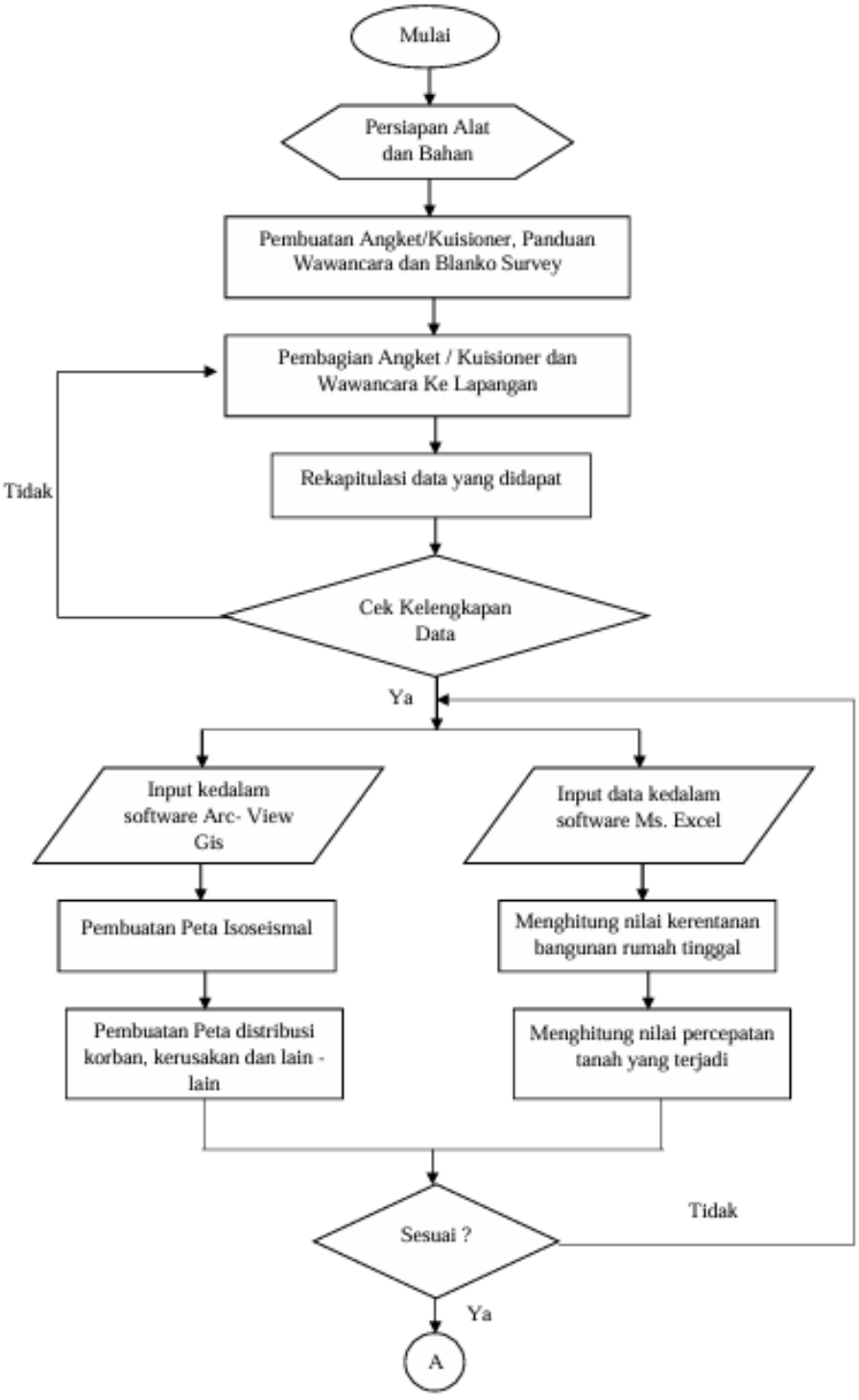
1. Menghitung nilai skala MMI rata-rata yang meliputi respon orang, objek, bangunan, dan lingkungan untuk mendapatkan nilai skala MMI di tiap daerah.
2. Mengoreksi kembali nilai rata-rata skala MMI yang didapat dengan data, observasi lapangan, dan hasil wawancara lainnya dengan Untuk

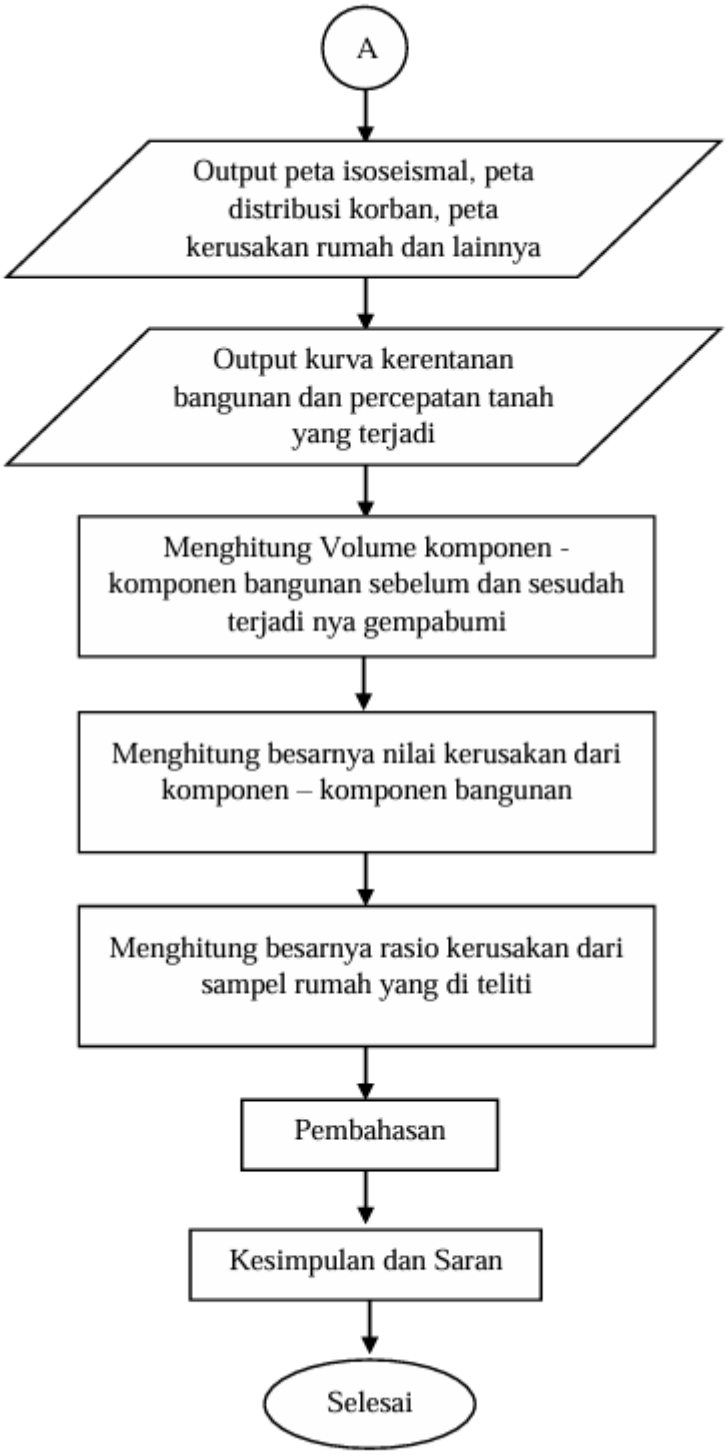
mendapatkan skala MMI, diskusikan masalah ini dengan dosen pembimbing. yang tepat.

3. Analisis titik: titik sebaran nilai MMI melalui hasil interpolasi dengan Arc View GIS serta kemampuan untuk membuat gambar yang menggambarkan kontur isoseismalnya.
4. Plot jumlah kematian, kerusakan rumah, jumlah dan kepadatan penduduk pulau Palu dan jumlah rumah yang ada di sana.
5. Membuat kurva kerentanan bangunan.
6. Menghitung hubungan percepatan tanah dan intensitas MMI dengan persamaan 3.4 dan 3.5
7. Analisis rasio kerusakan bangunan rumah tinggal dilakukan sebagai berikut:
    a. Menghitung volume komponen—komponen bangunan yang sudah ada sebelumnya. rusak oleh gempa.
    b. Menghitung nilai bangunan sebelum gempabumi pada sejumlah rumah sebagai contoh.
    c. menghitung volume komponen—berdasarkan pengamatan di lapangan, menghitung bagian bangunan yang mengalami kerusakan.
    d. Menghitung nilai kerusakan komponen—beberapa rumah diuji dengan tingkat kerusakan berat, sedang, dan ringan untuk menentukan biaya perbaikan bangunan rumah tinggal setelah gempa.
    e. Menghitung rasio kerusakan bangunan, juga dikenal sebagai rasio kerusakan, untuk setiap sampel rumah tinggal yang diteliti.
    f. Menghitung rata-rata rasio kerusakan bangunan untuk setiap sampel rumah tinggal yang diteliti dengan masing-masing tingkat kerusakan.

4.5 Diagram Alir Penelitian

Dari penjelasan di atas, diagram alir (flow chart) dapat dibuat; alur penelitian dilakukan dengan langkah-langkah yang disajikan dalam langkah – langkah seperti pada diagram alir (flow chart) yang disajikan dalam **Gambar 4.2** berikut ini.


Mulai
Persiapan Alat dan Bahan
Pembuatan Angket/Kuisioner, Panduan Wawancara dan Blanko Survey
Pembagian Angket / Kuisioner dan Wawancara Ke Lapangan
Rekapitulasi data yang didapat
Tidak
Cek Kelengkapan Data
Ya
Input kedalam software Arc- View Gis
Input data kedalam software Ms. Excel
Pembuatan Peta Isoseismal
Menghitung nilai kerentanan bangunan rumah tinggal
Pembuatan Peta distribusi korban, kerusakan dan lain - lain
Menghitung nilai percepatan tanah yang terjadi
Sesuai ?
Tidak
Ya
A



Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Bab ini akan membahas rumusan masalah yang diteliti. dalam proses penelitian ini, data yang dikumpulkan mencakup intensitas gempabumi yang terjadi, peta isoseismal gempabumi, peta distribusi korban jiwa, dan rasio kerusakan yang terjadi pada tingkat intensitas gempa bumi yang berbeda.

5.2 Intensitas Gempabumi Palu 2018

Untuk memahami intensitas gempa bumi yang terjadi di Palu, dilakukan pengukuran berdasarkan tanggapan atau respons dari individu, benda-benda di sekitar, bangunan, serta kondisi lingkungan sekitarnya. Pendekatan ini berfokus pada berbagai aspek, termasuk perasaan atau pengalaman individu selama gempa berlangsung, dampak yang terlihat pada benda-benda yang ada di dalam atau di sekitar rumah, perubahan atau kerusakan yang dialami bangunan, serta perubahan pada lingkungan yang dapat menjadi indikasi dari kekuatan gempa.

Melalui kuesioner ini, setiap responden diminta untuk memberikan tanggapan mengenai pengalaman pribadi mereka saat gempa terjadi, serta pengamatan terhadap efek-efek fisik yang ditimbulkan oleh gempa pada benda-benda, bangunan, dan lingkungan di sekitarnya. Data yang terkumpul dari hasil kuesioner ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan gambaran intensitas gempa dengan cara merata-ratakan respons pada masing-masing aspek tersebut. Pendekatan rata-rata ini memungkinkan perhitungan nilai intensitas gempa yang lebih representatif, karena mencakup berbagai dimensi dampak yang dialami dan dirasakan oleh masyarakat.Untuk mengetahui intensitas gempa, rata-rata dari nilai setiap respon (orang, benda, bangunan, dan lingkungan). Dapat dilihat pada **Tabel 5.1** sebagai berikut

Tabel 5.1 Hasil Penentuan Besaran Intensitas Gempa

Lokasi	X (longitude)	Y (latitude)	Respon Orang	Respon Benda	Respon Bangunan	Respon Lingkungan	Rata - Rata
Palu Barat	-0,8869	119,8437	9	9	9	9	9
Palu Barat	-0,8884	119,8519	9	9	9	9	9
Palu Timur	-0,8876	119,8629	9	9	9	9	9
Palu Timur	-0,8869	119,8756	9	9	9	9	9
Palu Selatan	-0,9328	119,9193	9	9	9	9	9

Catatan :Koordinat X dan Y adalah koordinat GPS lokasi responden

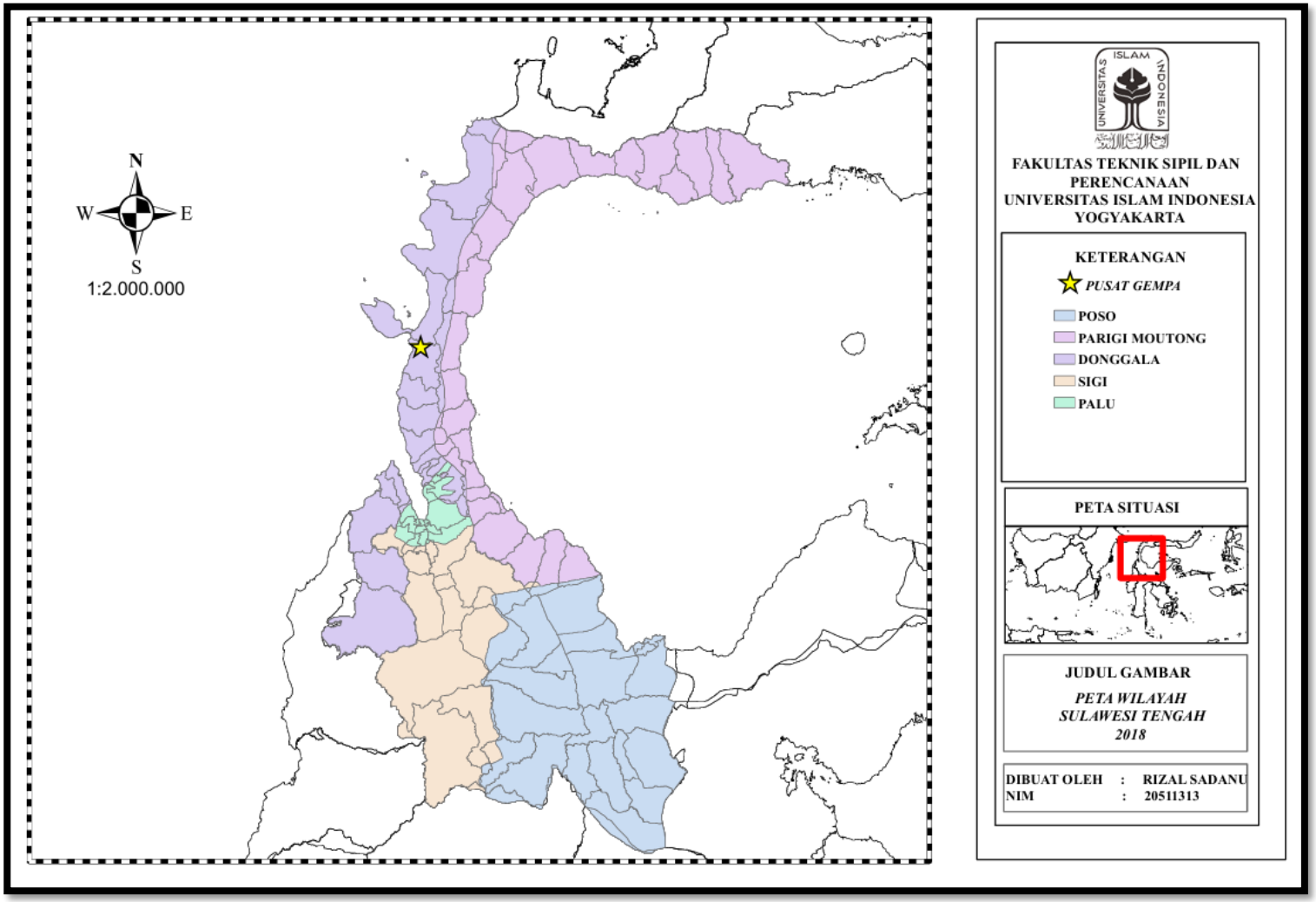
(Sumber : Data Primer 2024 yang sudah di olah)

Banyak faktor yang mempengaruhi intensitas gempa, termasuk jarak dari pusat gempa, kekuatan gempa, kondisi tanah setempat, dan kondisi struktur bangunan di daerah yang terkena gempa. Dalam kasus gempa Palu, misalnya, lokasi yang jauh dari pusat gempa mungkin memiliki intensitas gempa yang lebih rendah daripada lokasi yang dekat dengan pusat gempa.

5.3 Korban Jiwa dan Kerusakan Pada Gempabumi Palu 2018

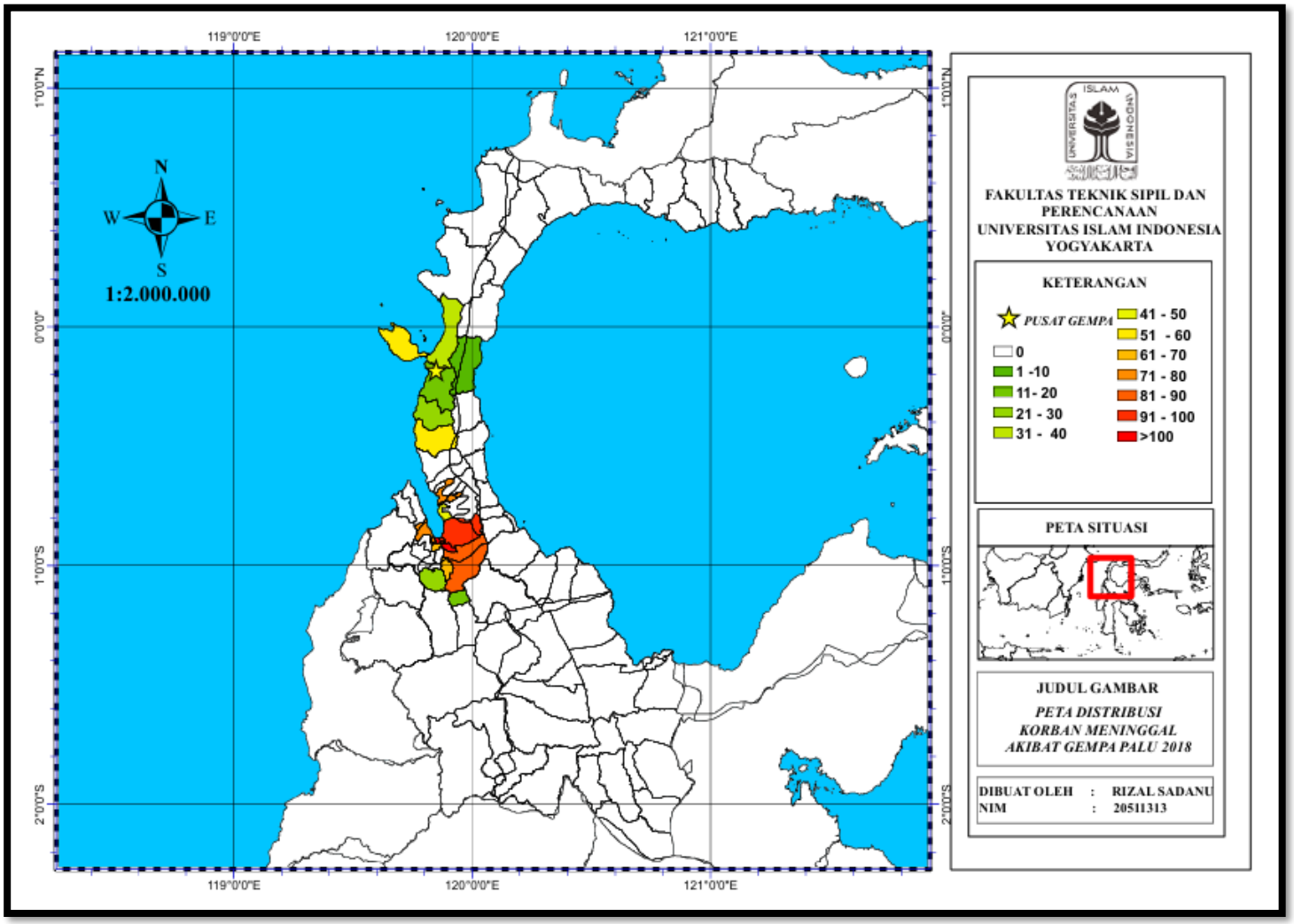
Menurut (Pusgen, 2018) Di 26 km utara donggala, Sulawesi Tengah, terjadi gempa bumi palu dengan magnitude Mw 7,4. Gempa ini menyebabkan goncangan yang kuat dan mengakibatkan tsunami yang melanda Kota Palu, yang berada di teluk Palu. Terutama, terjadi likuifaksi besar di wilayah petobo dan Balaroa. Bencana gempa bumi yang melanda Palu, Sulawesi Tengah pada 28 September 2018, telah menyebabkan dampak yang sangat serius, baik dari segi korban jiwa maupun kerusakan material.

Berdasarkan laporan dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang dirilis pada 5 Oktober 2018 pukul 17.00 Waktu Indonesia Tengah, tercatat sebanyak 1.649 orang kehilangan nyawa akibat bencana ini. Sebagian besar korban jiwa berada di wilayah-wilayah seperti Kota Palu, Donggala, Sigi, Parigi Moutong, dan Pasangkayu di Sulawesi Barat. Selain itu, terdapat 2.]549 orang yang mengalami luka berat, sementara 265 orang dinyatakan hilang dan 152 orang diperkirakan masih terkubur di bawah reruntuhan bangunan yang hancur. Lebih dari 62.359 orang terpaksa mengungsi akibat kehilangan tempat tinggal mereka, dan kerusakan bangunan juga sangat signifikan dengan sekitar 66.926 rumah dilaporkan rusak. Kerugian yang ditimbulkan oleh bencana ini tidak hanya berdampak pada fisik dan material tetapi juga menciptakan trauma mendalam bagi masyarakat yang selamat, mengingat banyak dari mereka harus berjuang untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan dan air bersih setelah bencana tersebut. Untuk Lebih jelasnya distribusi korban meninggal dapat dilihat pada **Gambar 5.2** sebagai berikut



Gambar 5. 1 Peta Wilayah Sulawesi Tengah

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)



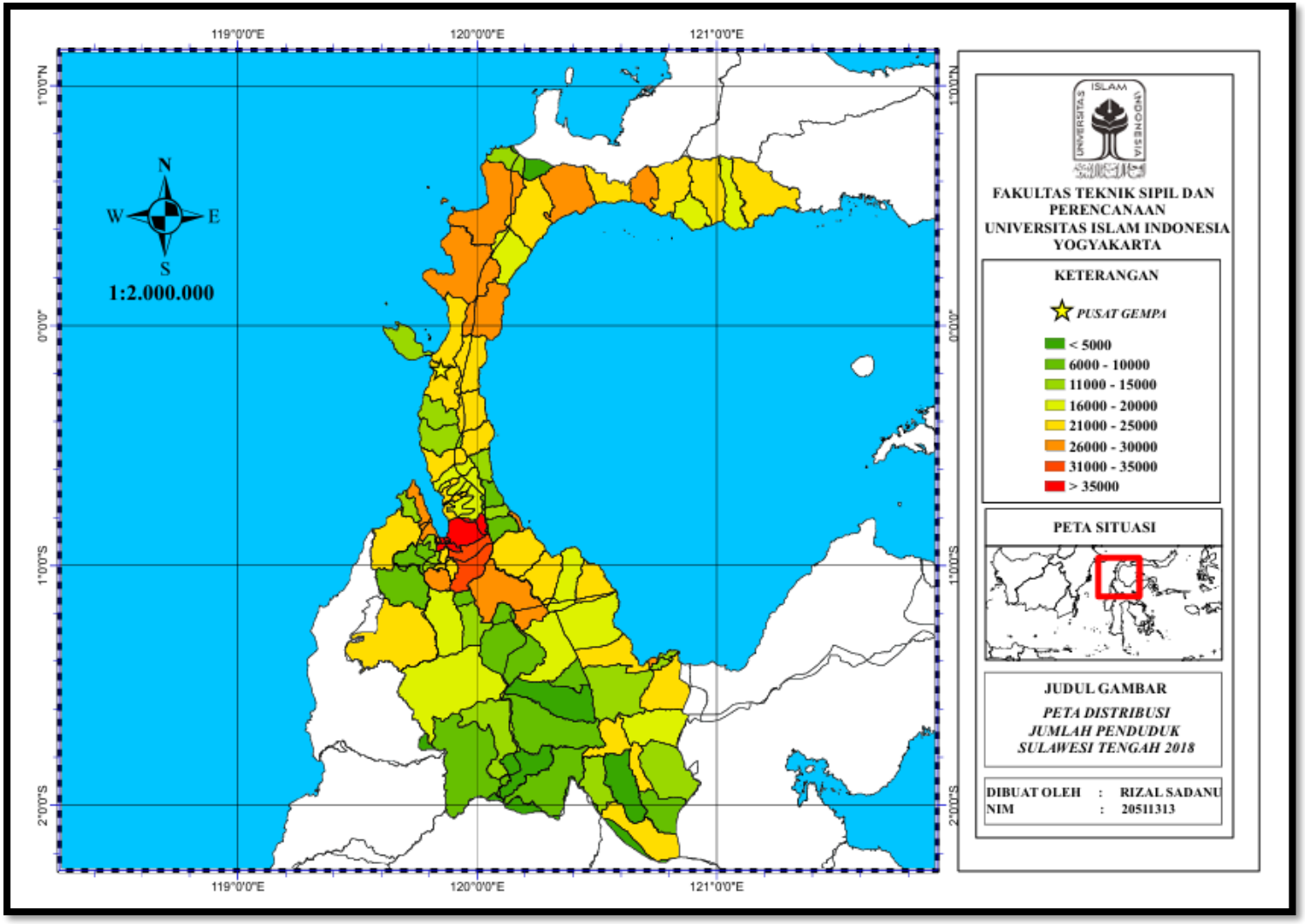
Gambar 5. 2 Peta Distribusi Korban Meninggal Akibat Gempa Palu 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)

Dari **Gambar 5.2** di atas, Diketahui bahwa korban jiwa terbanyak dalam bencana di Palu terjadi di wilayah Palu Selatan, khususnya di lokasi yang mengalami likuifaksi, serta di kawasan Teluk Palu. Pada wilayah Palu Selatan, tercatat 1.562 orang kehilangan nyawa, sedangkan di Teluk Palu, jumlah korban jiwa yang signifikan juga terdapat di Kecamatan Palu Barat dengan total 943 korban, dan Kecamatan Palu Timur yang mencatatkan 306 korban jiwa. Palu Selatan sendiri merupakan area dengan populasi cukup besar, yaitu 70.751 penduduk dengan kepadatan mencapai 2.577 jiwa per km². Kecamatan Palu Timur memiliki jumlah penduduk yang sedikit lebih tinggi, yakni 71.452 jiwa, dengan tingkat kepadatan jauh lebih besar sebesar 9.267 jiwa per km². Sementara itu, Palu Barat dihuni oleh 62.293 jiwa dengan kepadatan penduduk 7.523 jiwa per km²

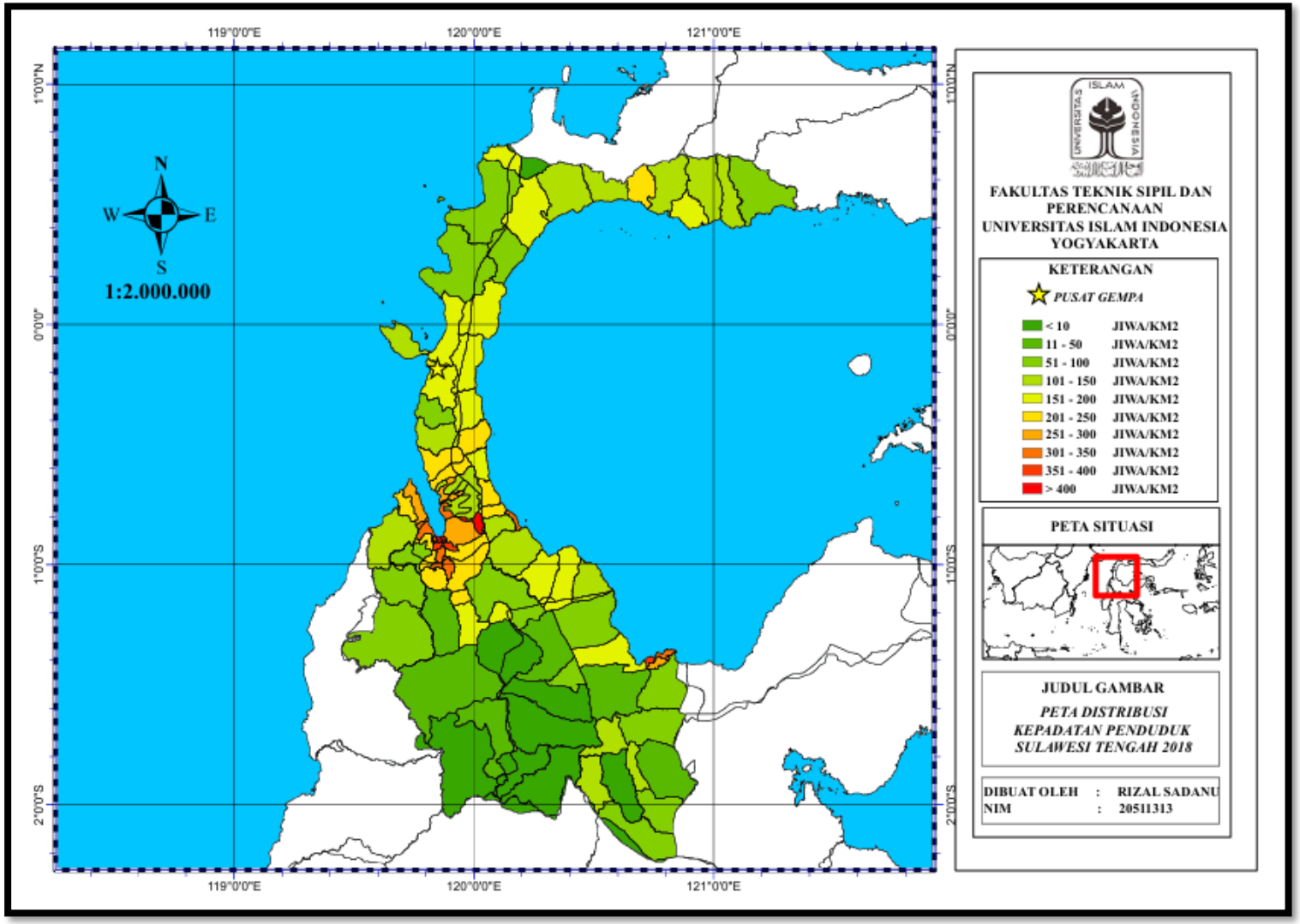
Kepadatan penduduk yang tinggi di daerah-daerah ini, terutama di kawasan Teluk Palu yang berpotensi terdampak langsung oleh tsunami, meningkatkan risiko korban jiwa saat gempa terjadi. Selain itu, intensitas gempa yang kuat memperbesar kemungkinan bangunan runtuh dan mengakibatkan korban jiwa yang terjebak di bawah reruntuhan. Di wilayah yang mengalami likuifaksi, bahaya lain muncul, yaitu risiko tertelan atau tenggelam ke dalam tanah akibat pergerakan tanah yang tidak stabil, terutama bagi warga yang terjebak di dalam rumah saat bencana berlangsung.

Dengan populasi yang besar dan tingkat kepadatan tinggi, ditambah dengan kondisi geografis yang rentan terhadap gempa, tsunami, dan likuifaksi, daerah-daerah ini menjadi sangat rawan terhadap kehilangan nyawa saat bencana alam besar terjadi. Karakteristik ini menunjukkan betapa krusialnya mitigasi bencana dan kesiapsiagaan yang memadai di wilayah-wilayah padat penduduk yang berisiko tinggi agar dapat mengurangi dampak bencana bagi masyarakat.Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 5.3** dan **Gambar 5.4**



Gambar 5. 3 Peta Distribusi Jumlah Penduduk Sulawesi Tengah 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)



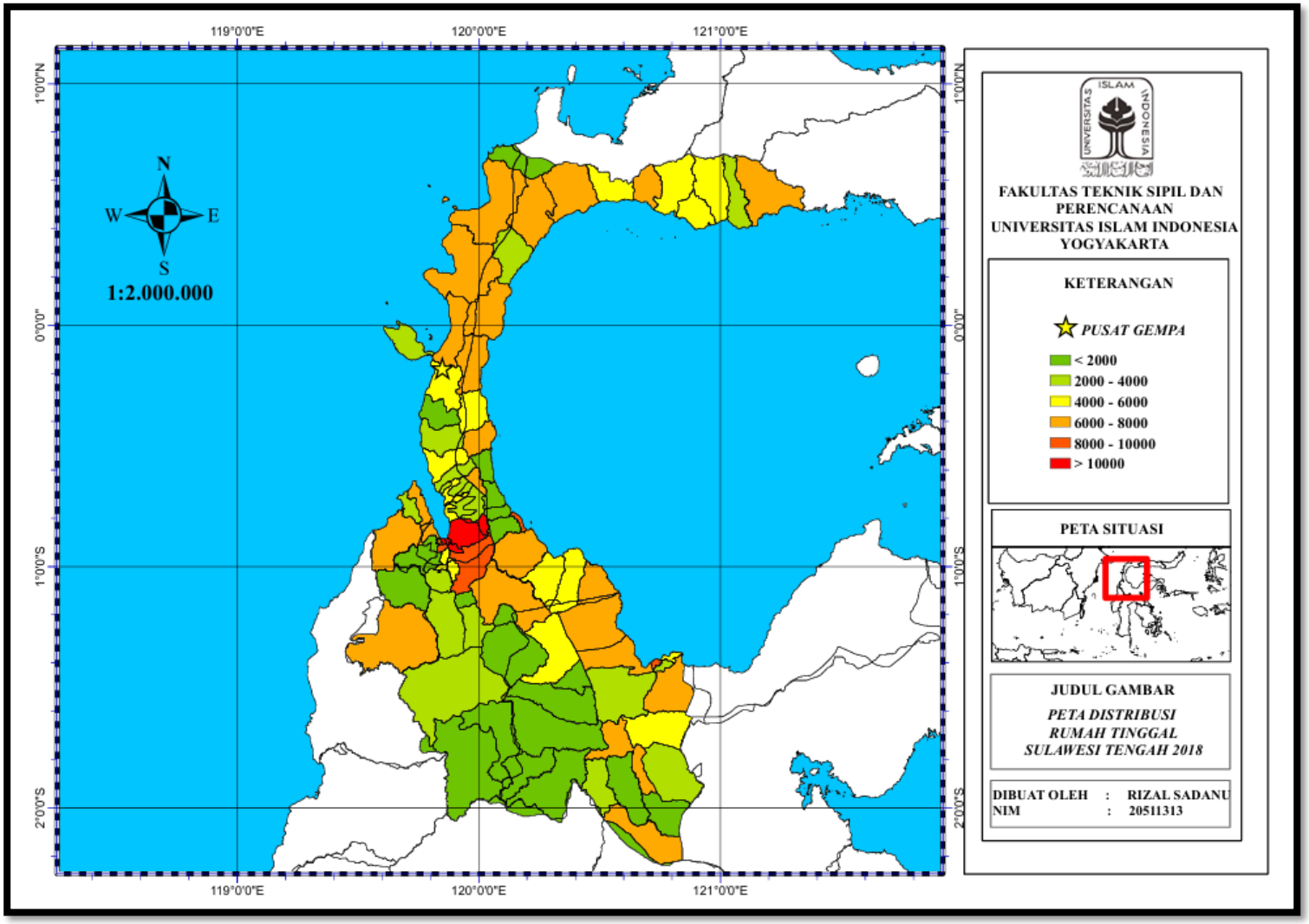
Gambar 5. 4 Peta Distribusi Kepadatan Penduduk Sulawesi Tengah 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)

Dari **Gambar 5.3** dan **Gambar 5.4** Dapat disimpulkan bahawa daerah teluk Palu dan Palu Selatan memiliki jumlah dan kepadatan penduduk yang tinggi di bandingkan kecamatan lain yang ada di kota Palu maupun sekitarnya. Dengan jumlah dan kepadatan penduduk yang cukup tinggi, maka daerah tersebut sangat rentan memakan korban jiwa jika terjadi bencana gempabumi. Hal ini disebabkan karena daerah yang berdekatan dengan pantai, dan juga untuk palu selatan yang bisa terjadi likuifaksi. Tak salah jika banyak bangunan yang rusak khususnya rumah tinggal yang berada di daerah tersebut yang malah menimbulkan korban jiwa dari reruntuhan bangunan tersebut.

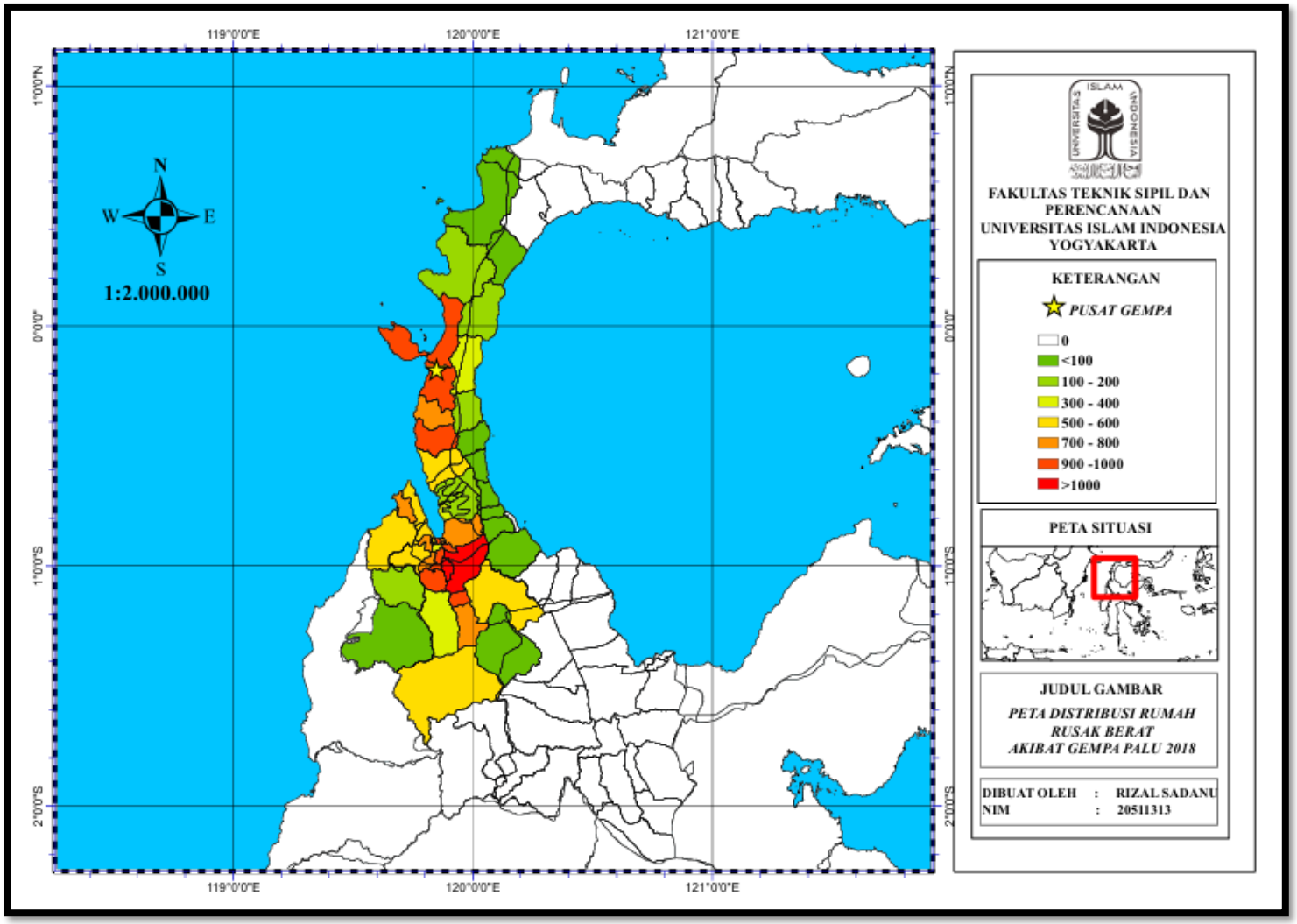
Di berbagai kecamatan yang terdampak oleh bencana, ditemukan banyak rumah yang mengalami kerusakan dengan tingkat keparahan yang beragam, mulai dari kerusakan ringan hingga kerusakan yang sangat parah. Salah satu wilayah yang terdampak paling signifikan adalah Kecamatan Palu Selatan, yang tidak hanya mencatat jumlah korban jiwa tertinggi, tetapi juga mengalami kerusakan rumah yang sangat besar. Di kecamatan ini, kerusakan yang masuk dalam kategori berat mendominasi, dengan total 741 unit rumah yang rusak parah. Kondisi ini menunjukkan bahwa Kecamatan Palu Selatan menjadi salah satu wilayah dengan dampak bencana yang paling parah. Selain itu, Kecamatan Palu Barat juga menghadapi kerugian besar akibat bencana, dengan total rumah yang mengalami kerusakan berat sebanyak 575 unit. Data tersebut mencerminkan betapa besar dampak bencana terhadap kondisi perumahan di berbagai kecamatan yang terdampak, sekaligus menegaskan perlunya perhatian serius dalam upaya pemulihan dan perbaikan infrastruktur di wilayah-wilayah tersebut.

Gambar di bawah ini menunjukkan penyebaran rumah tinggal sebelum gempa dan tingkat kerusakan rumah tinggal setelah gempa pada kasus gempa Palu 2018.



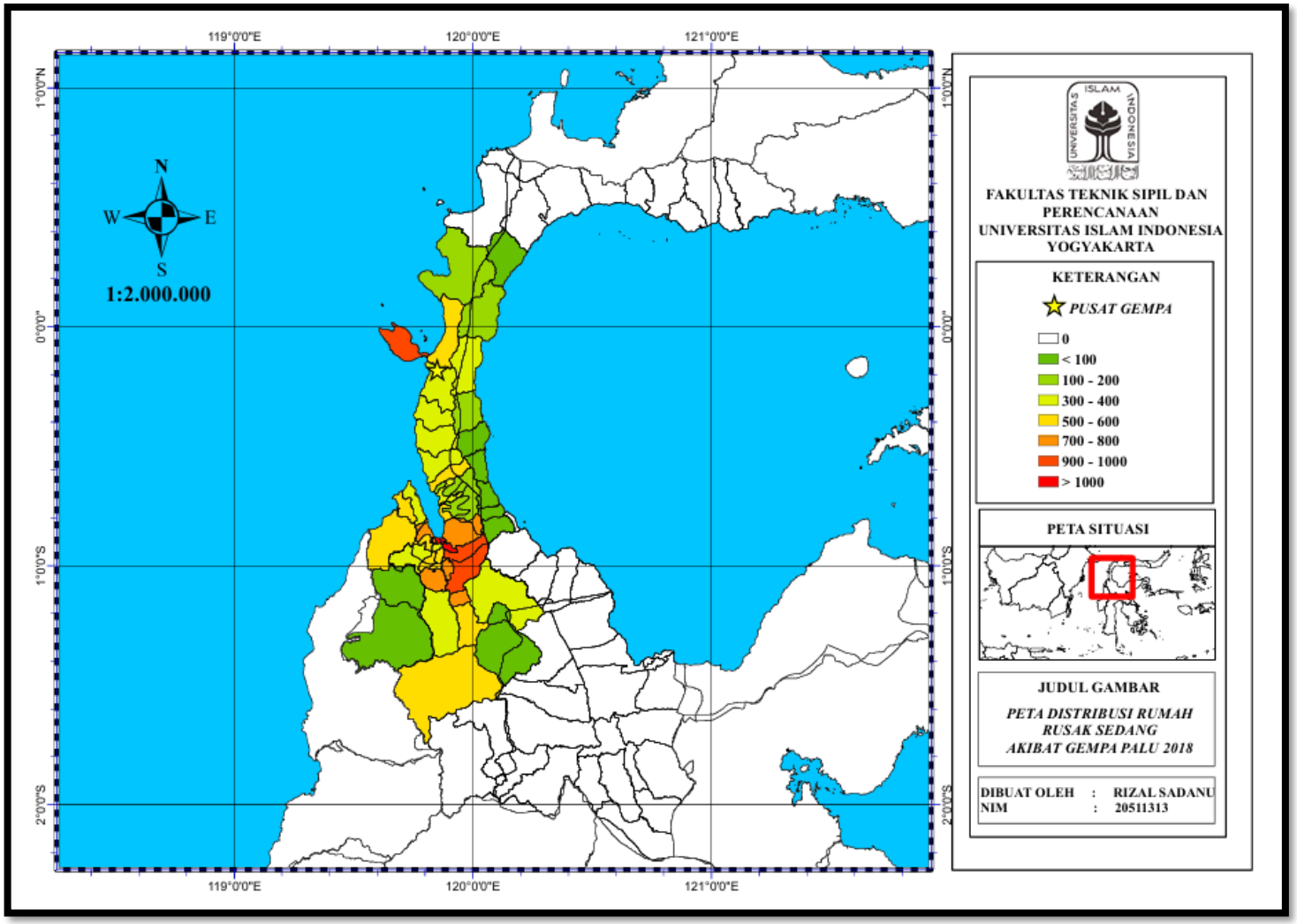
Gambar 5. 5 Peta Distribusi Rumah Tinggal Sulawesi Tengah 2018

Sumber : (Data Sekunder Yang Telah diolah)



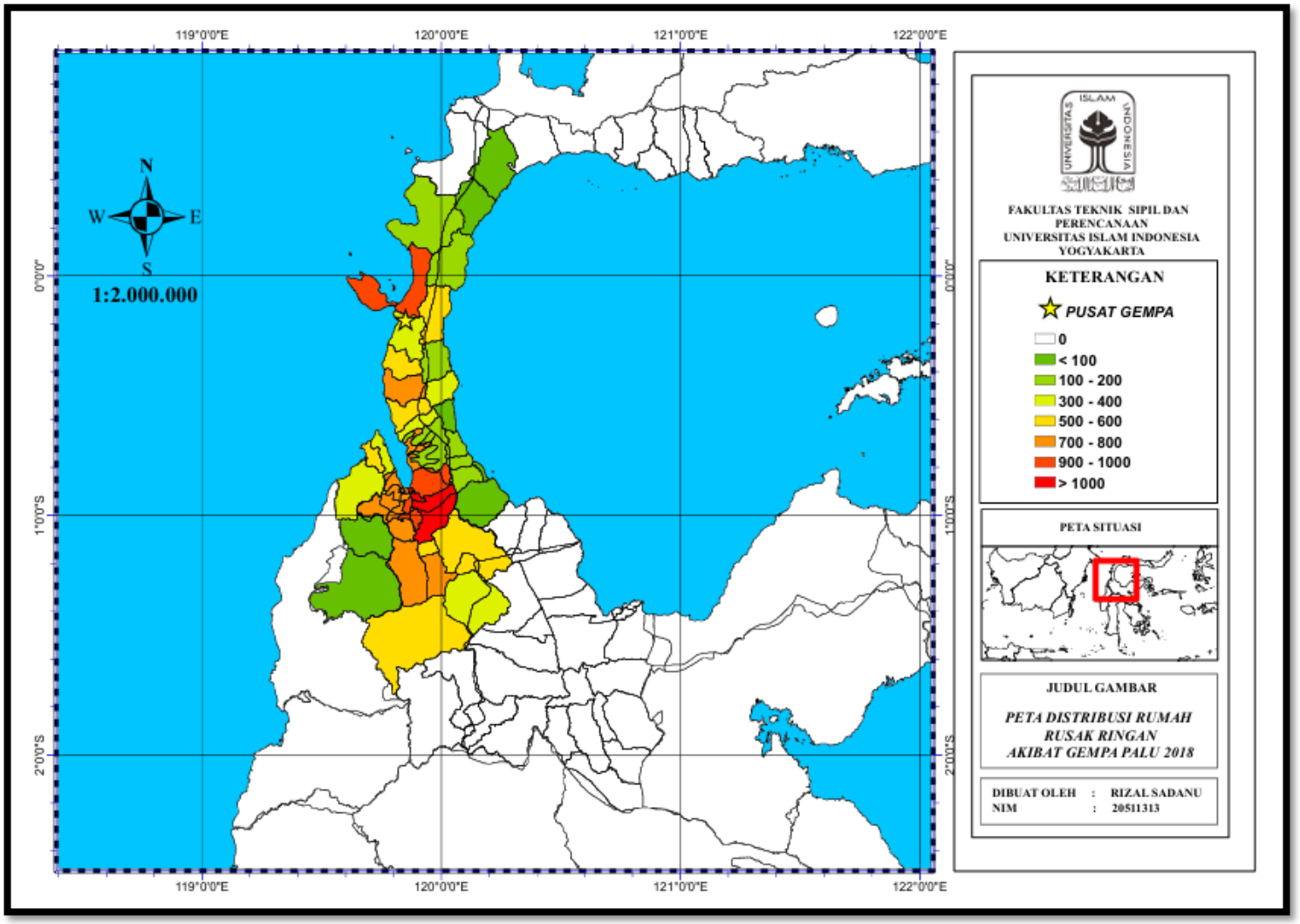
Gambar 5. 6 Peta Distribusi Rumah Rusak Berat Akibat Gempa Palu 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)



Gambar 5. 7 Peta Distribusi Rumah Rusak Sedang Akibat Gempa Palu 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)



Gambar 5. 8 Peta Distribusi Rumah Rusak Ringan Akibat Gempa Palu 2018

Sumber : (Data Sekunder yang telah diolah)

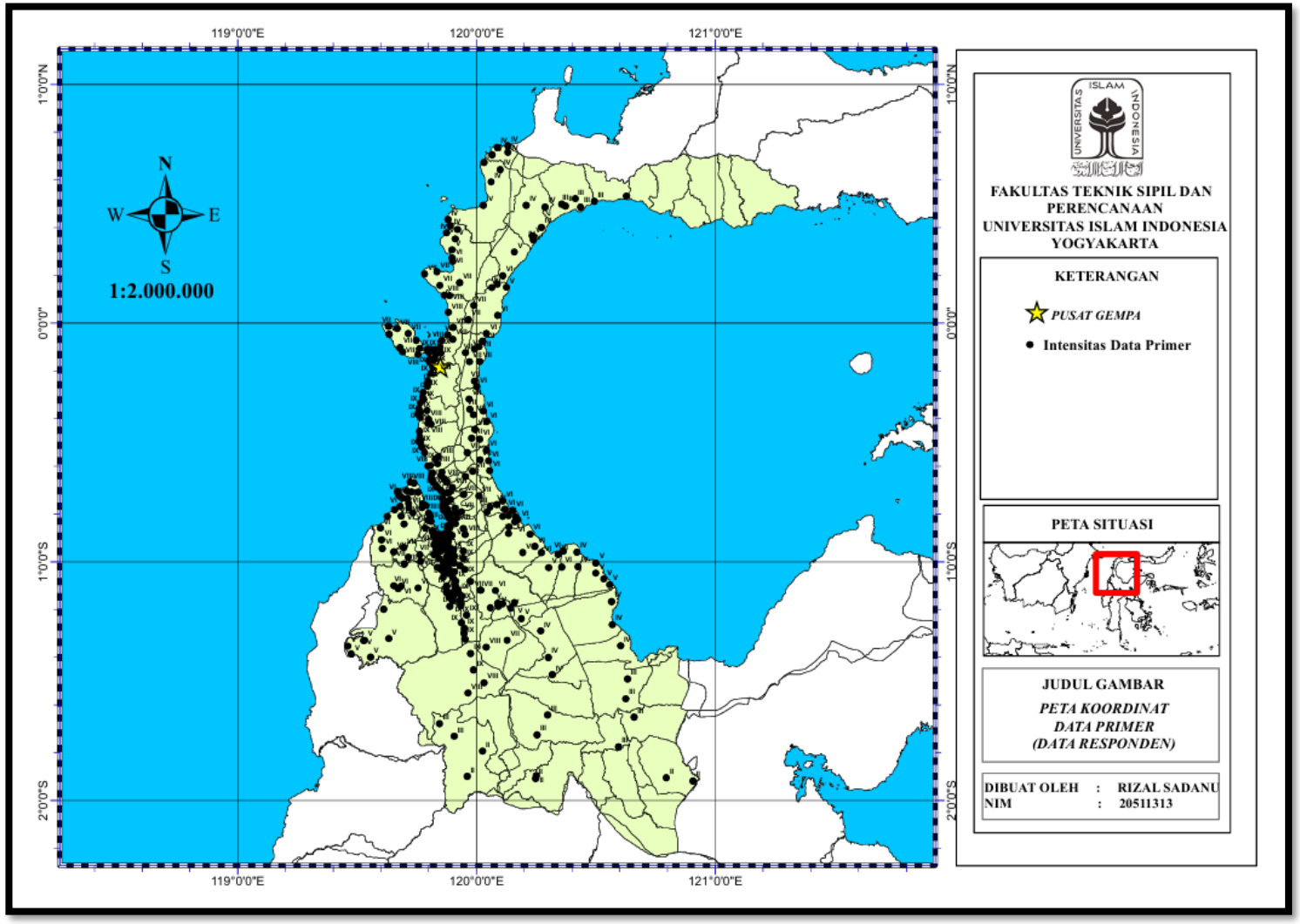
Bagian utara mengalami kerusakan yang signifikan karena gempa magnitudo besar yang terjadi di dekatnya, sedangkan bagian barat mengalami kerusakan yang signifikan karena gempa magnitudo besar namun kerusakan yang terjadi juga besar di daerah tersebut . Kondisi tanah lokal sangat berperan dalam kerusakan yang terjadi di kedua daerah tersebut. Kerusakan terbesar terjadi pada wilayah likuifakasi daerah teluk palu dan sekitarnya.

Gempa bumi yang terjadi di Palu pada tahun 2018 mengakibatkan banyak kerusakan bangunan baik yang dekat dengan pusat gempa maupun yang jauh dari pusat gempa, mengakibatkan banyak korban jiwa, dan meninggalkan trauma yang mendalam bagi penduduk Palu dan sekitarnya.

5.4 Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018

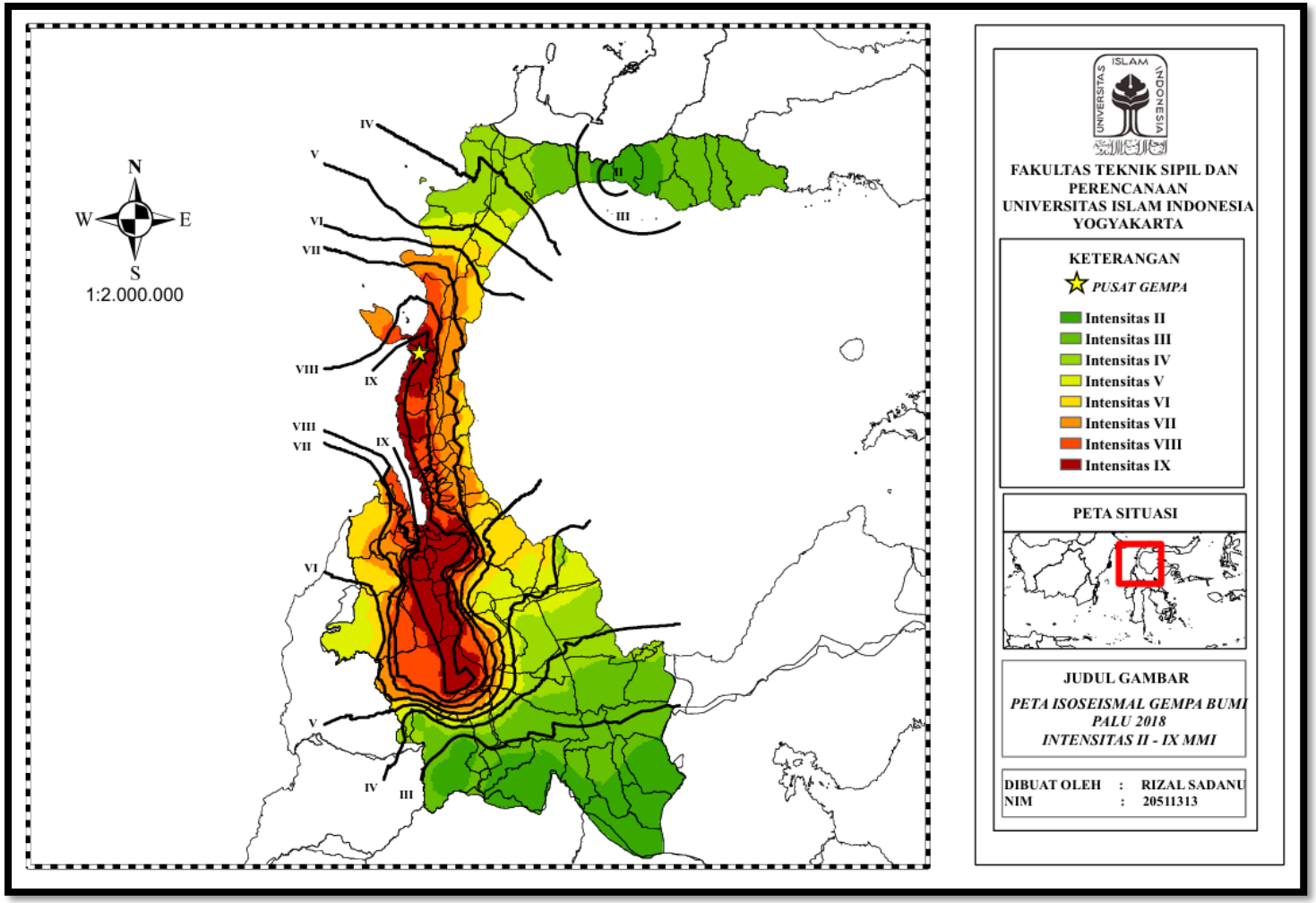
Isoseismal merupakan garis yang menghubungkan area-area yang memiliki intensitas gempa yang sama di sekitar wilayah yang terkena gempa. Secara visual, bentuk isoseismal memiliki kemiripan dengan garis kontur, yang digunakan dalam peta topografi untuk menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama di permukaan tanah, guna menggambarkan perbedaan elevasi(Cilia dkk., 2021). Karena kesamaan dalam konsep tersebut, proses pembuatan isoseismal serupa dengan metode yang digunakan dalam pembuatan peta kontur. Isoseismal tidak hanya membantu dalam menggambarkan distribusi intensitas gempa, tetapi juga memberikan informasi yang bermanfaat untuk analisis dampak gempa di berbagai lokasi.

Langkah pertama dalam pembuatan isoseismal adalah mengumpulkan data berupa koordinat lokasi (x, y) dan nilai ketinggian (z). Data ini diperoleh melalui pengisian kuesioner oleh masyarakat di wilayah terdampak gempa, kemudian koordinat lokasi diverifikasi menggunakan teknologi GPS untuk memastikan keakuratannya. Nilai intensitas gempa yang telah dianalisis sebelumnya digunakan untuk menentukan nilai ketinggian (z) di setiap titik. Tahap ini sangat penting, karena akurasi data yang dikumpulkan akan memengaruhi kualitas dan keakuratan peta isoseismal yang dihasilkan. Untuk hasil dari survey dapat dilihat di bawah ini pada **Gambar 5.9.**



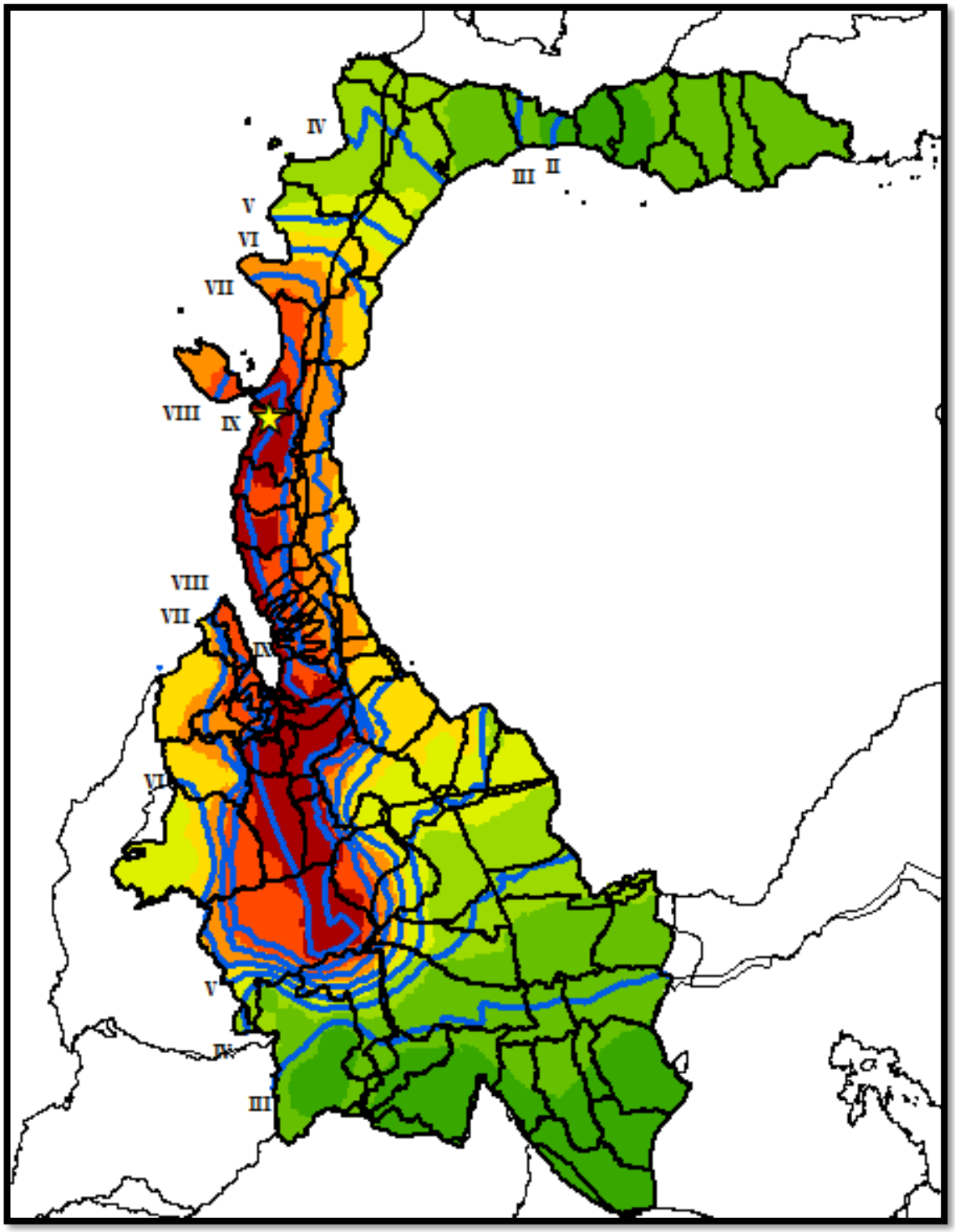
Gambar 5. 9 Peta Koordinat Data Primer

Sumber : Data Primer yang telah diolah



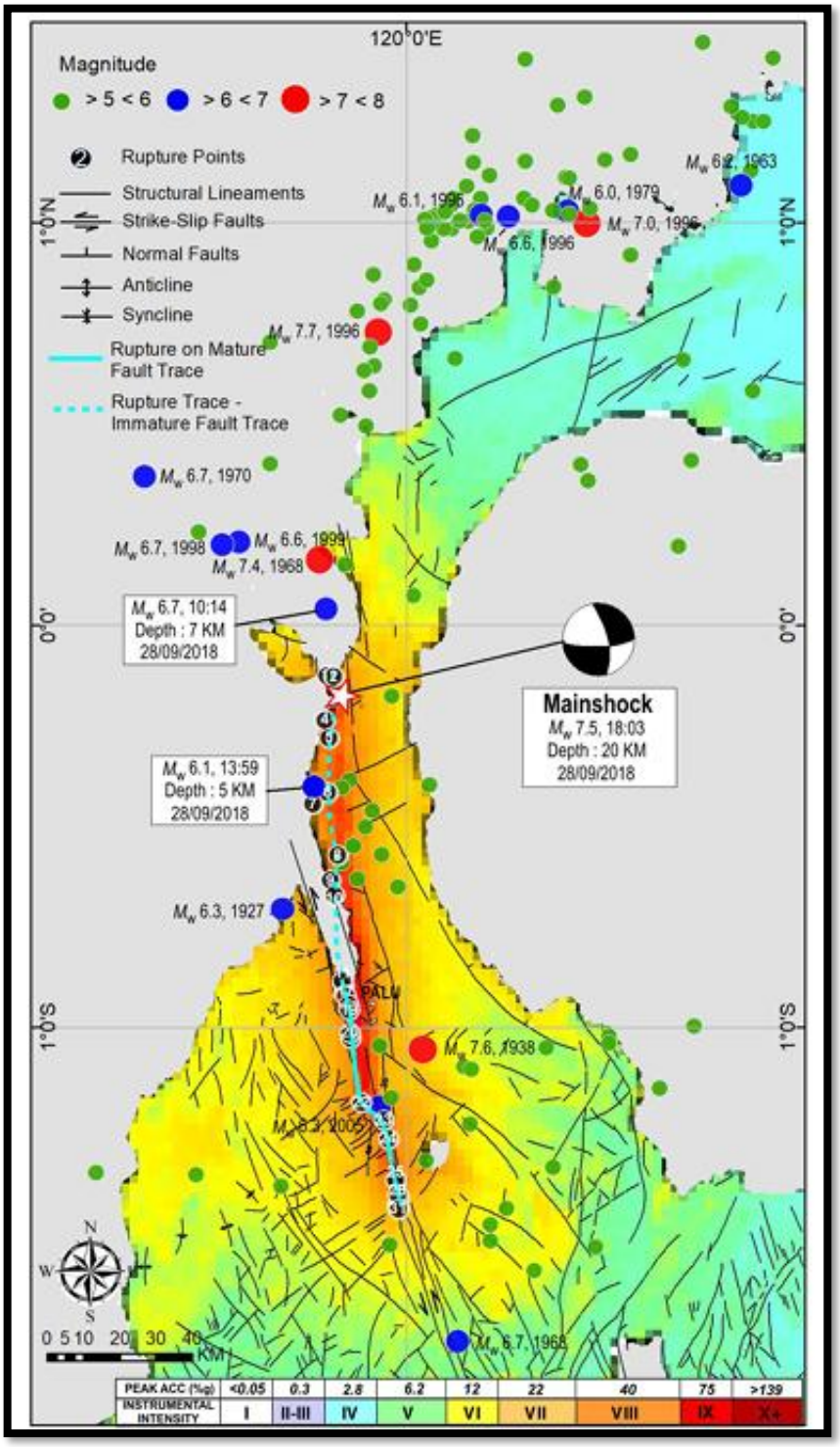
Gambar 5. 10 Peta Isosiesmal Gempabumi Palu 2018 Dengan Sebaran Intensitas MMI

Sumber : Data Primer yang telah dio



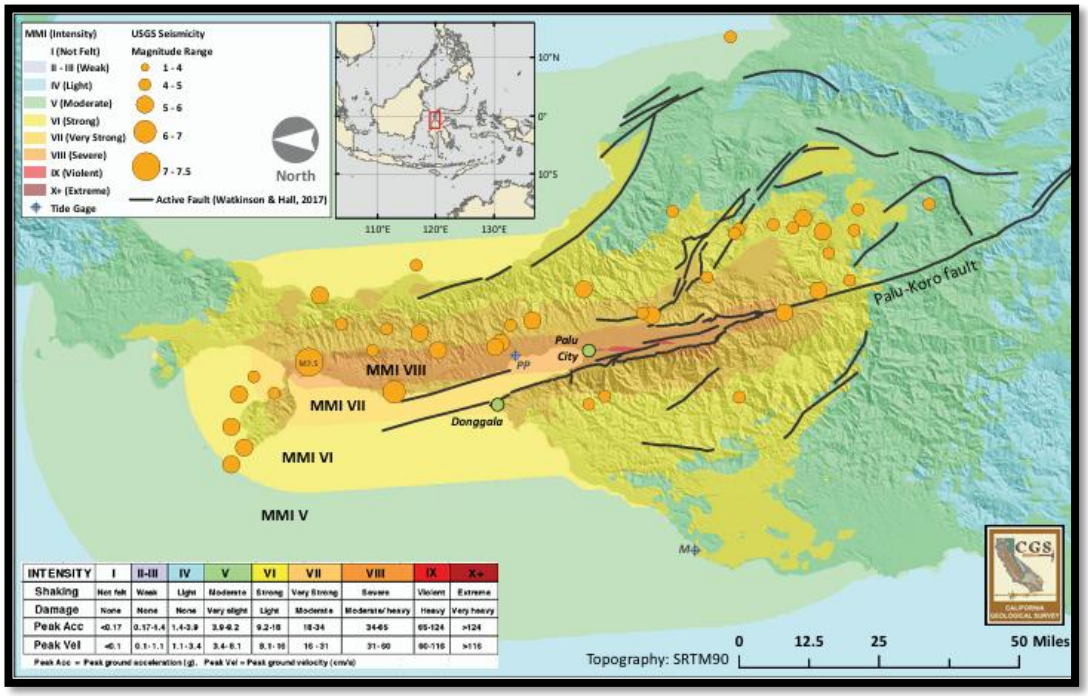
Gambar 5. 11 Detail Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018 Dengan Sebaran Intensitas MMI

Sumber : Data Primer yang telah diolah



Gambar 5. 12 Peta Isoseimal Gempabumi Palu 2018 Menurut Jaya dkk., (2019)

Sumber : (Jaya dkk., 2019)



Gambar 5. 13 Peta Isoseismal Gempabumi Palu 2018 Menurut Patton dkk., (2019)

Sumber : (Patton dkk., 2019)

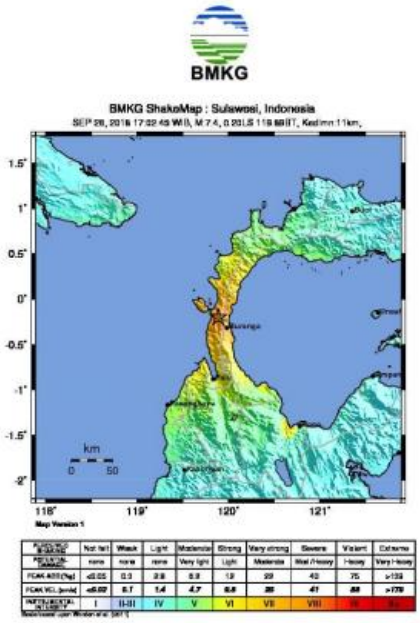
Dari gambar diatas, pola garis isoseismal tidak membentuk lingkaran, mereka lebih cenderung menyebar secara tidak beraturan, yang berarti bahwa pusat gempa tidak dianggap sebagai pusat dari garis isoseismal. Pada **Gambar 5.9** IX, VIII, dan VII cenderung mengikuti garis pantai Kota Palu dan agak jauh dari pusat gempa. Kondisi tanah setempat, yang mempengaruhi tingkat intensitas yang terjadi, dapat menyebabkan hal ini terjadi. Pada kontur IX, ada ruang yang luas di mana kerusakan terbesar berada di daerah itu walaupun jauh dari pusat gempa yang berada jauh di sebelah uatara, ini di akibatkan oleh sesar koro yang melewati daerah itu menyebabkan kerusakan yang signifikan di daerah tersebut.

Dampak terbesar dan paling parah dari gempa dirasakan oleh warga yang tinggal di daerah tepi pantai dan palu selatan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya fenomena likuifaksi di wilayah tersebut, yang mengakibatkan tingkat kerusakan yang sangat tinggi, terutama pada bangunan rumah tinggal. Tanah di daerah Petobo

dan Balaroa, yang berada dalam wilayah terdampak, sebagian besar terdiri dari tanah lempung berpasir serta sedimen aluvial dengan kandungan air yang cukup tinggi. Ketika gempa besar mengguncang wilayah ini, partikel-partikel tanah yang sebelumnya saling terikat kehilangan kohesi atau kekuatannya untuk saling melekat. Akibatnya, air yang terkandung di dalam tanah tersebut terdorong naik ke permukaan, mengubah tanah yang semula padat menjadi lumpur. Proses ini tidak hanya merusak struktur tanah, tetapi juga membuat bangunan di atasnya runtuh atau terseret, sehingga memperparah tingkat kerusakan di wilayah tersebut.

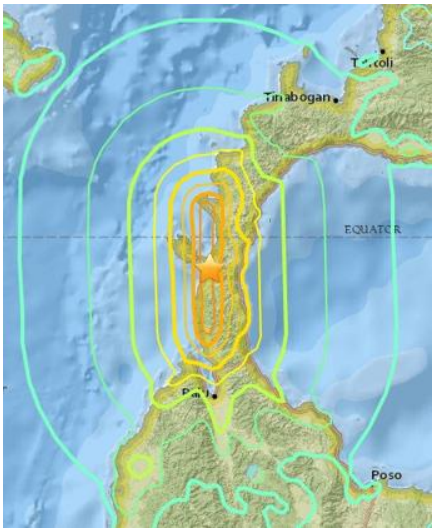
Terdapat juga peta isoseismal dari peneliti lain pada **Gambar 5.12** dan **Gambar 5.13** berdasarkan analisis visual terhadap kedua peta isoseismal, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam distribusi intensitas gempa yang terjadi. Pada **Gambar 5.12** secara umum menunjukkan konsentrasi kerusakan yang lebih tinggi di sekitar wilayah episenter, ditandai dengan garis-garis isoesimal yang rapat dan nilai MMI yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut mengalami guncangan gempa yang sangat kuat dan merusak. Sebaliknya, pada **Gambar 5.13** memberikan gambaran yang lebih luas mengenai sebaran intensitas gempa di wilayah yang lebih besar, dengan variasi intensitas yang lebih beragam. Meskipun wilayah episenter juga menunjukkan intensitas tinggi, namun terdapat juga daerah-daerah lain yang mengalami kerusakan dengan tingkat yang berbeda-beda.

Di bawah ini ditampilkan peta isoseismal yang menggunakan skala Modified Mercalli Intensity (MMI) untuk menggambarkan dampak gempa bumi Palu yang terjadi pada tahun 2018. Peta ini dikeluarkan oleh dua lembaga, yaitu Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta United States Geological Survey (USGS). Peta tersebut menunjukkan distribusi intensitas gempa di berbagai wilayah terdampak, memberikan gambaran visual mengenai tingkat guncangan yang dirasakan di lokasi-lokasi tersebut. Data dari kedua peta ini menjadi referensi penting dalam menganalisis dampak gempa terhadap infrastruktur dan masyarakat di sekitar episentrum. Untuk lebih jelasnya, peta isoseismal dari kedua lembaga tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.13** dan Gambar **5.14 di bawah ini.**



Gambar 5. 14 Peta Isoseimal Gempa Palu 2018 dipublikasikan Oleh BMKG

(Sumber : Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempabumi Donggala 28 September 2018)



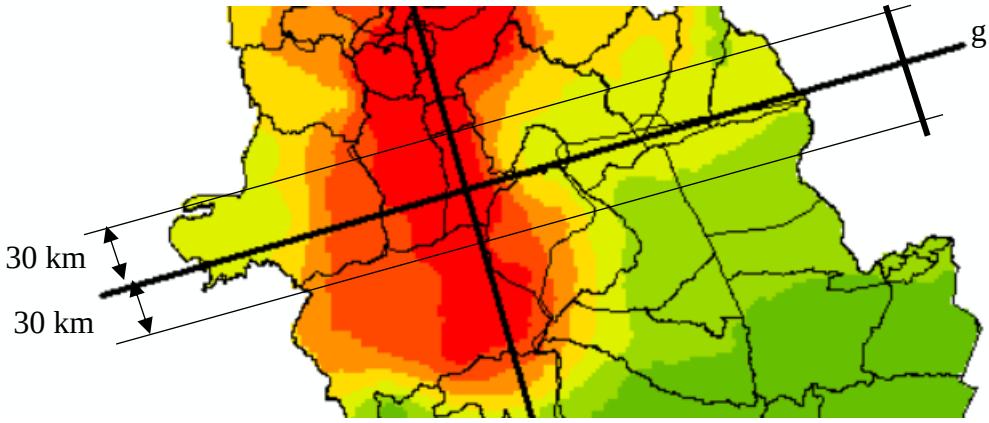
Gambar 5.15 Peta Isoseismal gempa Palu 2018 dipublikasikan Oleh (USGS)

(Sumber : https://www.usgs.gov/ diakses pada tanggal 23 Oktober 2024)

Pada **Gambar 5.14** dan **Gambar 5.15** di atas terdapat perbedaan peta isoseismal yang dibuat peneliti dengan peta BMKG dan USGS yaitu pada Skala intensitas MMI maksimum. Pada penelitian ini intensitas maksimumnya adalah IX

MMI, sedangkan di BMKG intensitas maksimumnya adalah X MMI. Peta isoseismal setara USGS menggunakan data survei cepat yang dilakukan melalui Internet. Dalam pembuatan peta isoseismal BMKG menetapkan beberapa wilayah sebagai lokasi survei dan menggunakan data survei cepat yang dilakukan melalui observasi langsung di lapangan. Untuk membuat peta isoseismal gempa Palu tahun 2018, peneliti menggunakan data yang sama dengan BMKG yaitu observasi langsung di lapangan, namun penelitian ini juga mencakup respon manusia, respon objek, dan lingkungan. disertai dengan wawancara. Kekuatan maksimum yang dapat dicapai adalah IX (Sembilan).

Karena keberadaan isoseismal ini, maka dapat dipastikan bahwa terdapat jarak dan intensitas atenuasi yang terkait. Untuk menentukan nilai-nilai tersebut secara lebih akurat, metode yang digunakan adalah dengan memotong garis tegak lurus terhadap Sesar Koro. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih sistematis dalam memahami pola penyebaran intensitas gempa di sekitar area tersebut., untuk pertama di lakukan satu pootngan pada area tertentu yang di mana terdapat banyak titik sebaran MMI . untuk gambar potongan dapat dilhat pada **Gambar 5.16.**



Gambar 5. 16 Potongan Tegak lurus Sesar Koro Gempabumi palu 2018 (satu area)

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)

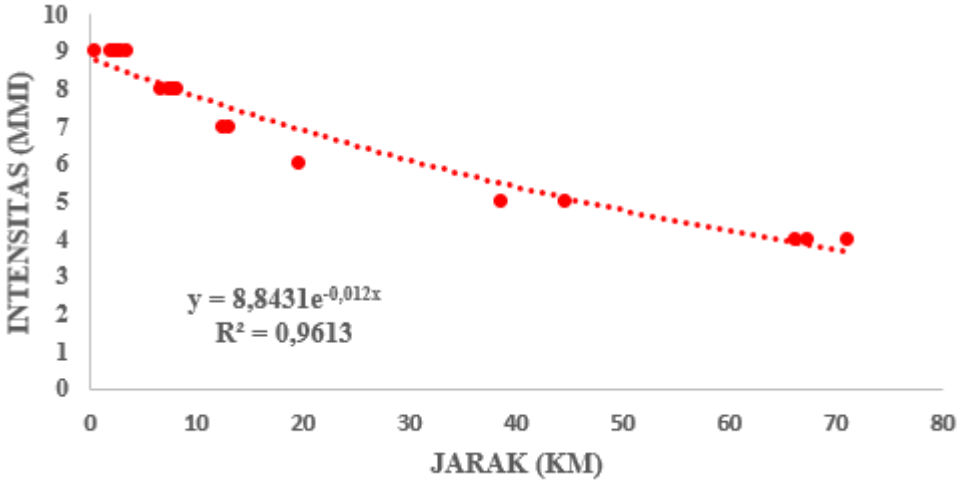
Cara mendaptkan untuk jarak dan intensitas dalam area tersebut yaitu dengan mengukur jarak dari titik pertemuan antara potongan horizontal dan vertikal, dengan intensitas yang ada pada area tersebut, untuk contoh hasil pengukuran jarak nya dapat dilihat pada **Tabel 5.2** Berikut.

Tabel 5. 2 Jarak dan Intensitas Arah Timur

No	Jarak	Intensitas
1	2,98	9
2	0,53	9
3	1,98	9
4	2,34	9
5	3,51	9
6	2,61	9
7	2,62	9
8	7,79	8
9	6,74	8
10	7,83	8
11	8,15	8
12	7,41	8
13	8,18	8
14	12,51	7
15	13,18	7
16	19,67	6
17	44,63	5
18	38,64	5
19	67,44	4
20	66,29	4
21	71,2	4

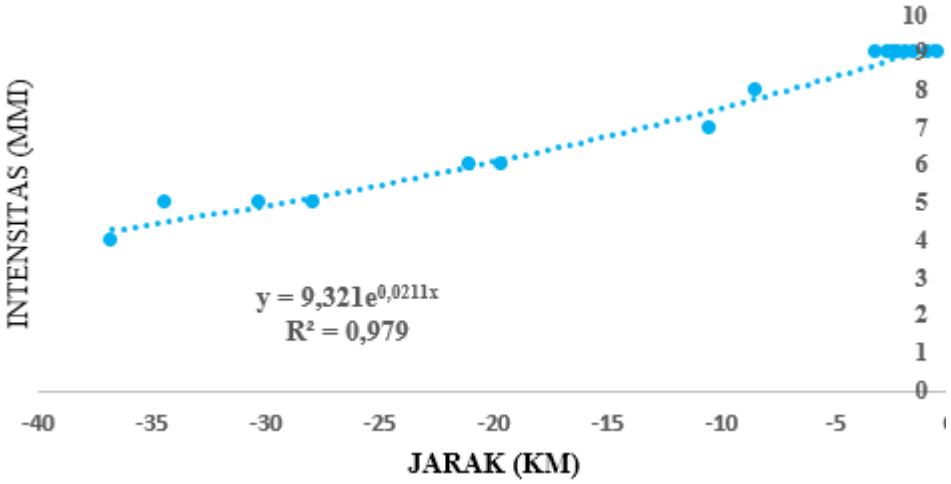
(Sumber : Data Primer Yang Telah diolah)

Setalah mendapatkan jarak dan intensitas dalam area yang ditinjau, maka setelah itu dapat di ploting ke dalam gambar untuk hubungan jarak dan intensitas nya, hasil plotingan gambar dapat dilihat pada **Gambar 5.17** untuk arah timur. Untuk arah barat juga menggunakan cara yang sama dalam menentukan jarak dna intensitas nya, kemudian diploting kedalam gambar.



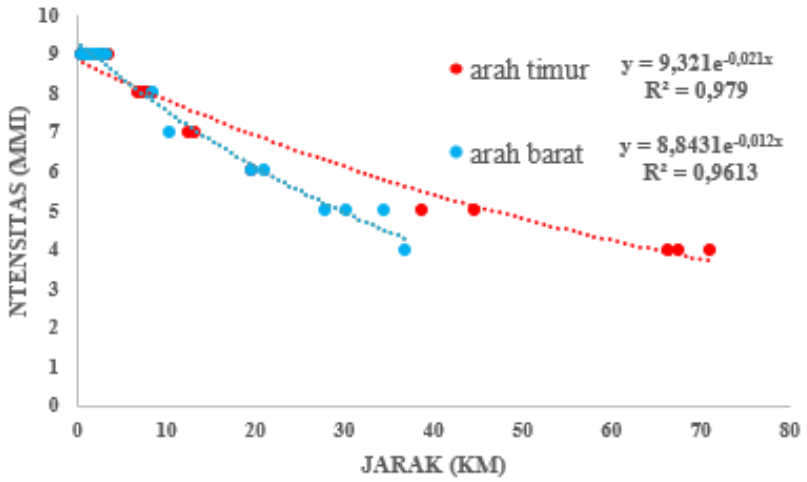
Gambar 5. 17 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa Bumi Palu 2018 Arah Timur

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)



Gambar 5. 18 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa bumi Palu 2018 Arah Barat

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)

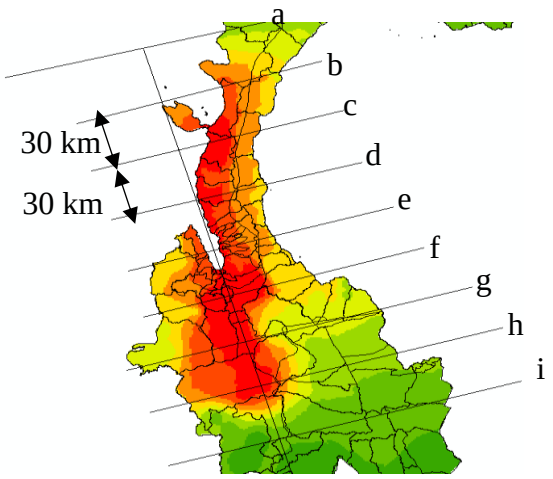


Gambar 5. 19 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempabumi Palu 2018

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)

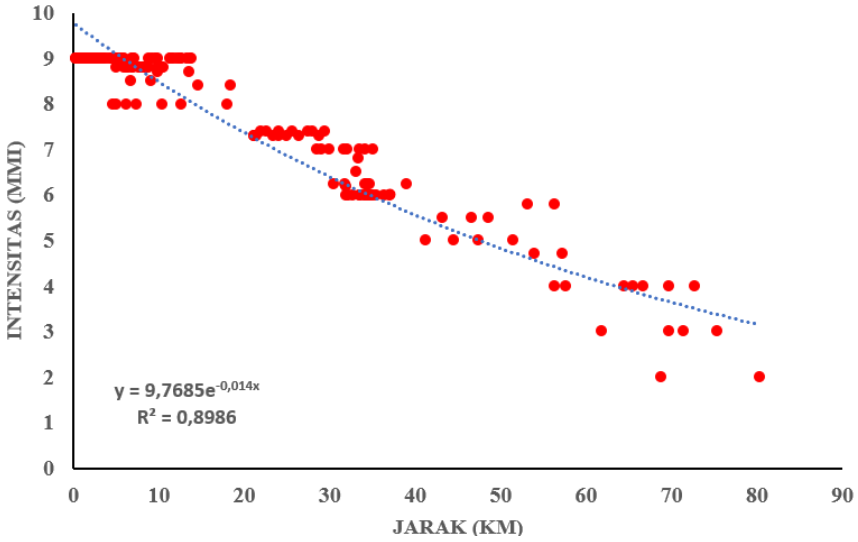
Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara intensitas gempa yang diukur dalam skala MMI (Modified Mercalli Intensity) dengan jarak dari patahan gempa. Semakin jauh jarak dari sumber gempa, semakin kecil intensitas gempa yang dirasakan. Hal ini sesuai dengan fenomena atenuasi gempa, di mana energi gempa berkurang seiring dengan bertambahnya jarak tempuh.

Selanjutnya dilakukan juga pengambilan hubungan jarak dan intensitas dengan skala area yang lebih besar yang dapat dilihat pada **Gambar 5.19**



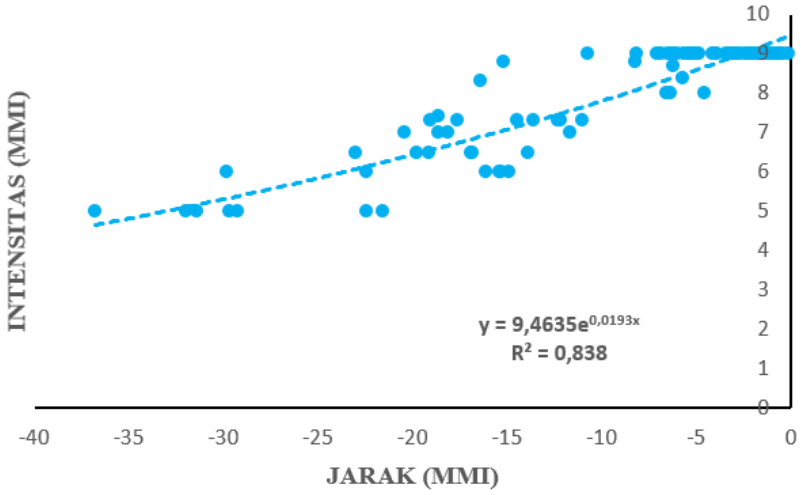
Gambar 5. 20 Potongan Tegak lurus Sesar Koro Gempabumi palu 2018

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)



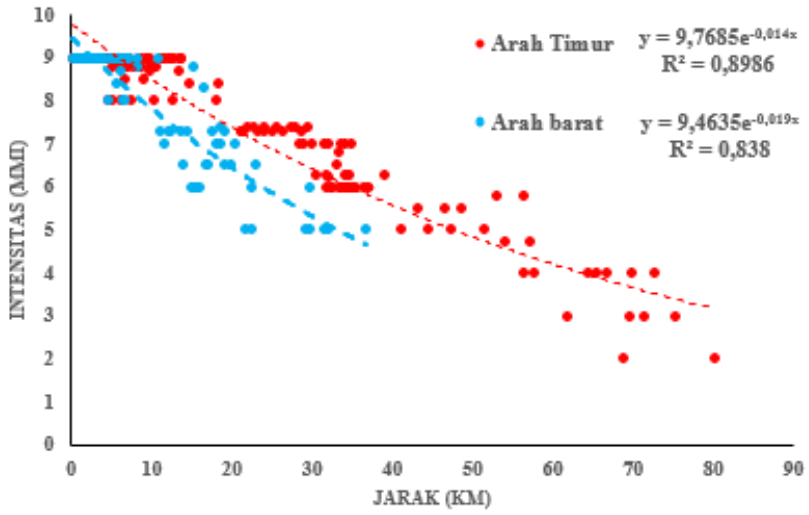
Gambar 5.21 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa Bumi Palu 2018 Arah Timur

(Sumber : Data Primer yang telah diolah



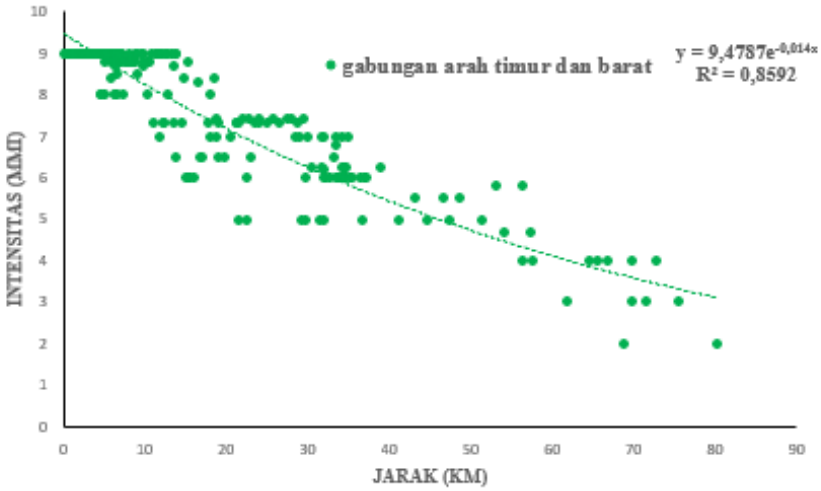
Gambar 5.22 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempa bumi Palu 2018 Arah Barat

(Sumber : Data Primer yang telah diolah)



Gambar 5.23 Hubungan Intensitas dan Jarak Gempabumi Palu 2018

(Sumber : Data Primer yang telah diolah)



Gambar 5. 24 Gabungan Intensitas dan Jarak Arah Barat dan Timur Gempabumi Palu 2018

(Sumber : Data Primer yang telah diolah)

Dari **Gambar 5.23**, terlihat bahwa gempa dengan Intensitas IX tercatat dalam rentang jarak hingga sekitar 15 km dari sesar. Seiring dengan bertambahnya jarak dari sesar , intensitas gempa yang dirasakan berangsur-angsur melemah. Penyebaran energi gempa mengikuti arah dari pola sesar yang ada di wilayah tersebut. Karena itu, daerah-daerah yang berada dalam jalur sesar atau searah dengan arah sesar cenderung menerima dampak energi gempa yang lebih besar.

Selain itu, kondisi geologi di sepanjang jalur sesar juga berpengaruh signifikan, terutama jika wilayah tersebut terdiri dari tanah lunak atau endapan. Jenis tanah ini dapat memperkuat getaran yang dirasakan, sehingga tingkat keparahan kerusakan akibat gempa cenderung meningkat di area tersebut.

5.5 Hubungan Antara Intensitas dan Percepatan

(Wald & Dkk, 1999)(Wald & Dkk, 1999) Hubungan antara percepatan dan intensitas telah digambarkan dalam grafik oleh para peneliti sebelumnya, seperti Newmann (1954), dan (Trifunac dkk., 1975),(Wald & Dkk, 1999) Persamaan yang dibuat oleh orang lain memiliki beberapa persamaan, meskipun mereka berbeda. Secara umum, persamaan yang dihasilkan mengacu pada persamaan $Log(ah) = a.Imm \pm b$. Data intensitas (MMI) dan data rekaman percepatan tanah (ah) diperlukan untuk mendapatkan persamaan tersebut.

Dalam penelitian ini, nilai intensitas (MMI) telah ditemukan, tetapi nilai percepatan (ah) belum. Peneliti sebelumnya telah membuat persamaan percepatan dan intensitas untuk menemukan nilai percepatan (ah). Penulis menggunakan persamaan Newmann (1954) dan Trifunac & Brady (1975) sebagai acuan untuk menentukan percepatan.

Nilai percepatan (ah) dapat diperoleh dengan menggunakan kedua persamaan sebelum nya bersama dengan nilai intensitas MMI yang telah diketahui sebelumnya (Widodo, 2018). Hasil ploting persamaan Newmaan (1954) dan Trifunac & Brady (1975) dapat ditemukan pada **Tabel 5.3** sebagai berikut ini.

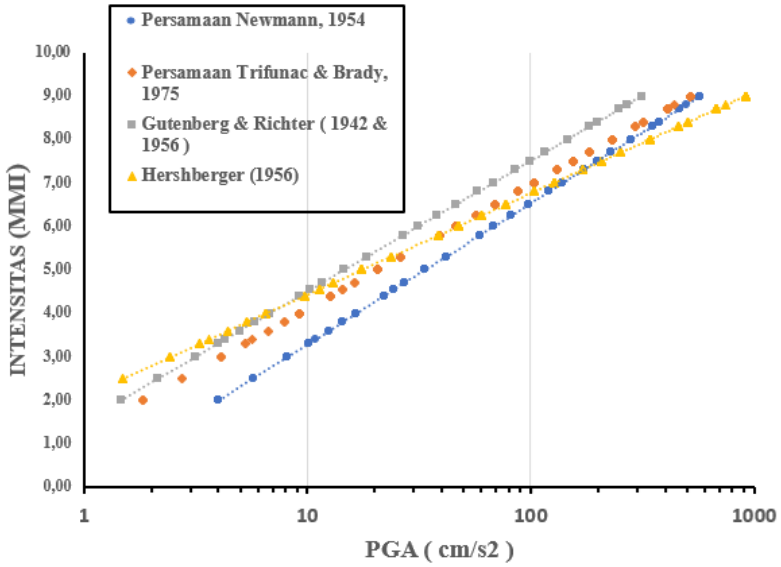
Tabel 5. 3 Plotting Persamaan Newmann dan Trifunac & Brady Untuk Gempabumi Palu 2018

MMI	(Newmann, 1954) Log (ah) = 0,308 Imm – 0,041	(Trifunac & Brady ,1975) Log (ah) = 0,35 Imm – 0,435	(Newmann, 1954) Percepatan (ah) (cm/dt^2)	(Trifunac & Brady ,1975) Percepatan (ah) (cm/dt^2)
II	0,6	0,27	4,01	1,84
III	0,91	0,62	8,15	4,12
IV	1,22	0,97	16,57	9,22
V	1,53	1,32	33,68	20,65

VI	1,84	1,67	68,44	46,23
VII	2,14	2,02	139,11	103,51
VIII	2,45	2,37	282,73	231,73
IX	2,76	2,72	574,60	518,80

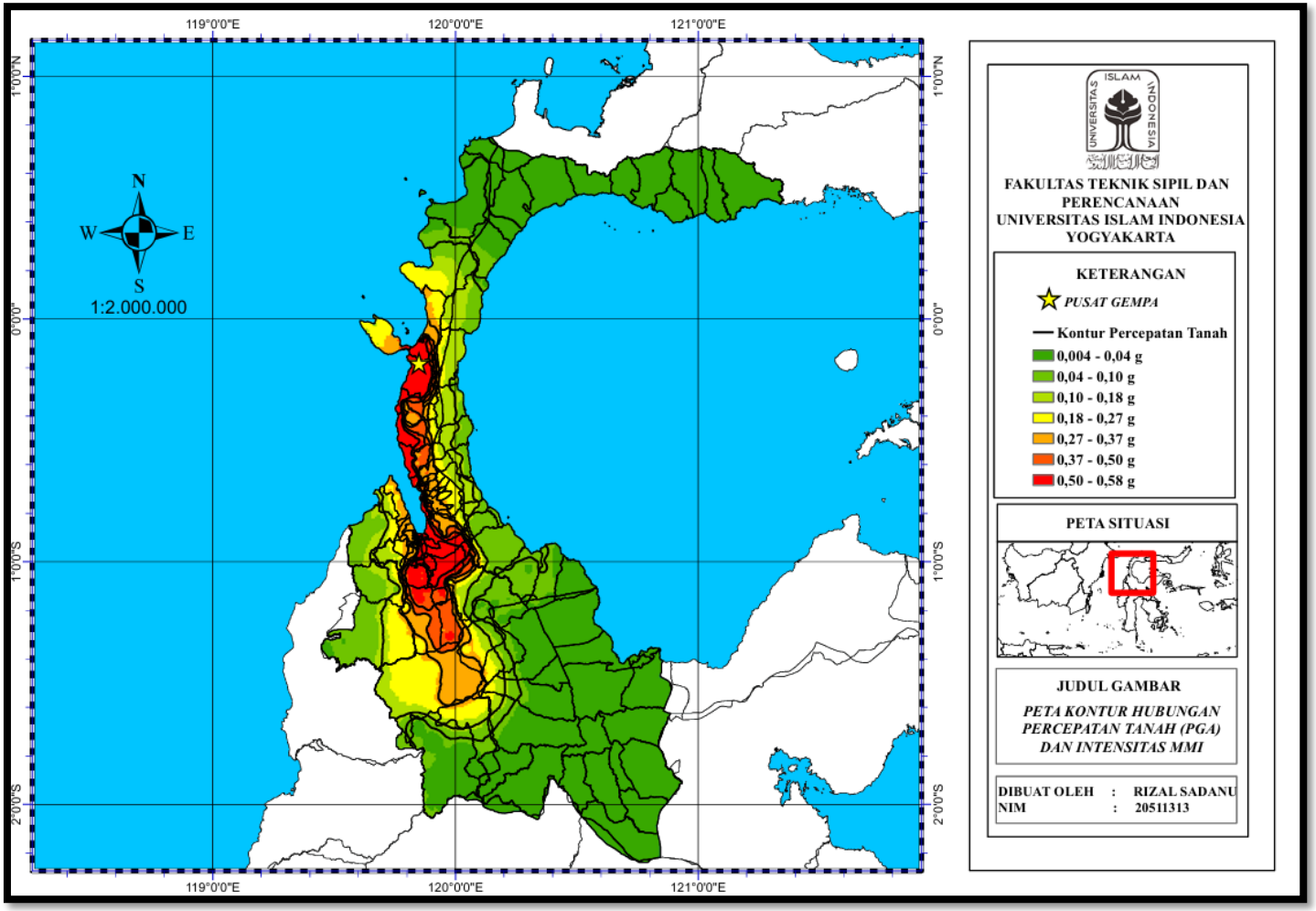
Sumber : Data Sekunder 2024 yang telah diolah

Ploting persamaan antara percepatan dan intensitas pada kasus gempabumi Palu 2018 pada **Tabel 5.3** di atas ditampilkan dalam bentuk gambar grafik sebagai berikut



Gambar 5. 25 Perbandingan Percepatan dan Intensitas Pada Kasus Gempabumi Palu 2018 dengan Menggunakan beberapa Persamaan (Gutenberg & Richter, 1942 & 1956), (Hershberger, 1956)

Dari data di atas, nilai dari percepatan kemudian dimasukkan dalam peta kontur yang dapat dilihat pada **Gambar 5.26** sebagai berikut.



Gambar 5. 26 Peta Kontur Hubungan Percepatan dan Intensitas

Sumber : (Data Primer yang telah diolah)

5.6 Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal

Gempa bumi sangat mengancam harta benda dan nyawa manusia. Setiap bencana gempa bumi yang berskala besar mengakibatkan banyak korban jiwa dan kerusakan ribuan bangunan. Bangunan rumah tinggal yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan membuatnya rentan terhadap gempa bumi, yang merupakan faktor utama yang menyebabkan banyak kematian. Dalam teori atenuasi intensitas gempa, intensitas gempa akan menurun seiring dengan jarak lokasi dari episenter (pusat gempa). Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan penurunan intensitas gempa, kerentanan bangunan akan menurun. Dengan mempertimbangkan semua keterbatasan data (terutama yang berkaitan dengan bangunan), kerentanan bangunan akan dibuat dalam berbagai tingkatan intensitas untuk gempa Palu 2018. Kurva kerentanan bangunan rumah tinggal diperoleh dari instansi pemerintahan setempat, yang akan dikategorikan berdasarkan daerah intensitas masing-masing. Data ini mencakup rumah yang rusak sebelum gempa dan rumah yang rusak sesudah gempa.

Untuk jumlah data rumah keseluruhan adalah 338.348 rumah, namun untuk rumah yang berad di dalam daerah intensitas V – IX berjumlah 229.839 rumah. Terjadi perbedaan hasil karena yang di ambil untuk kerentanan bangunan rumah tinggal dari daerah intensitas V – IX karena pada daerah tersebut sudah terjadi kerusakan rumah.

Luas pada tiap daerah akan dihitung terlebih dahulu berdasarkan batas intensitasnya. Perhitungan luasan membagi perkecamatan dalam besaran intensitas tertentu. Sebagai contoh, wilayah kecamatan Palu Barat memiliki luas 8,28 km2, dengan intensitas IX mencakup 2,46 km2 dan intensitas VIII mencakup 0,72 km2. Setelah luasan masing-masing kecamatan diperoleh, luasan tersebut digabungkan dengan luasan lain dengan intensitas yang sama. Dapat dilihat pada **Tabel 5.3** Berikut.

Tabel 5. 4 Contoh Perhitungan Luas Daerah Pada Intensitas IX

Daerah Intensitas	Wilayah	Luas Wilayah Kecamatan (km2)	Luas Daerah Intensitas (km2)
IX	**KOTA PALU**		
	Kec. Palu Barat	8,28	2,46
	Kec. Palu Timur	7,71	1,62
	Kec. palu Utara	29,94	7,87
	Kec. Palu Selatan	27,38	4,19
	Kec. Tatanga	14,95	5,05
	Kec. Mantikulore	206,8	7,44
	Kec. Ulujadi	40,25	0,76
	Kec. Tawaeli	59,75	3,01
	KABUPATEN DONGGALA		
	Kec. Tanantovoea	302,64	3,4
	Kec.Labuan	126,01	2,76
	Kec. Sindue	177,19	22,43
	Kec. Sindue Tombusara	211,55	4,13
	Kec. Sindue Tobasa	211,92	6,84
	Kec. Sirenja	286,94	18
	Kec. Balaesang tanjung	188,85	1,35
	Kec. Balaesang	314,23	11,65
	KABUPATEN SIGI		
	Kec. Marawola	38,65	15,4
	Kec. Sigi Biromaru	289,6	27,84
	Kec. Dolo	36,05	12,26
	Kec. Dolo Barat	112,18	9,13
	Kec. Dolo Selatan	584,71	10,9
	Kec. Tanambulava	56,33	11,13
	Kec. Gumbasa	176,49	19,31

Sumber : Data Sekunder Yang Telah diolah

Pada Penelitian ini jumlah rumah diasumsikan dengan satu Kepala Keluarga (KK). Perhitungan jumlah rumah yang dibangun sebelum gempa dilakukan dengan menghitung luasan wilayah tiap kecamatan yang masuk ke dalam batas daerah intensitas. Sebagai contoh, di kecamatan Palu Barat Kota Palu, yang memiliki luas 8,28 km2, terdapat 14.378 rumah saat belum terjadi gempa bumi (disesuaikan dengan jumlah KK). Kemudian, dengan menghitung data berdasarkan daerah intensitas, ditemukan bahwa 4.521 rumah termasuk dalam daerah intensitas IX, yang memiliki luas 2,46 km2, dan 4.213 rumah termasuk dalam daerah intensitas VIII, yang memiliki luas 0,73 km2. Contoh perhitungan estimasi jumlah rumah pada intensitas IX dapat dilihat pada **Tabel 5.4** sebagai Berikut.

Tabel 5. 5 Contoh Perhitungan Estimasi Jumlah Rumah Pada Intensitas IX

Daerah Intensitas	Wilayah	Jumlah Rumah Per – Kecamatan (bh)	Jumlah Rumah Pada Daerah Intensitas IX (bh)
IX	**KOTA PALU**		
	Kec. Palu Barat	14.378	4521
	Kec. Palu Timur	15.646	6531
	Kec. palu Utara	4.782	4512
	Kec. Palu Selatan	18.376	16120
	Kec. Tatanga	10.544	2634
	Kec. Mantikulore	14.597	4410
	Kec. Ulujadi	6.905	3501
	Kec. Tawaeli	4.553	1677
	KABUPATEN DONGGALA		
	Kec. Tanantovoea	4.062	2312
	Kec.Labuan	3.620	923
	Kec. Sindue	4.899	1129
	Kec. Sindue Tombusara	3.115	1543
	Kec. Sindue Tobasa	2.368	1675
	Kec. Sirenja	5.411	1432

Lanjutan Tabel 5. 6 Contoh Perhitungan Estimasi Jumlah Rumah Pada Intensitas IX

	Kec. Balaesang tanjung	2.789	2753
	Kec. Balaesang	6.094	3752
	KABUPATEN SIGI		
	Kec. Marawola	5.264	5264
	Kec. Sigi Biromaru	10.901	10901
	Kec. Dolo	4.972	4972
	Kec. Dolo Barat	3.186	3041
	Kec. Dolo Selatan	3.598	2580
	Kec. Tanambulava	2.103	2103
	Kec. Gumbasa	2.920	2321

Sumber : Data Sekunder yang telah diolah

Proses serupa juga diterapkan dalam memperkirakan jumlah rumah rusak akibat gempa berdasarkan luas wilayah tiap tingkat intensitas. Data luas wilayah tiap kecamatan yang masuk dalam zona intensitas tersebut turut diperhitungkan. Misalnya, Kecamatan Palu Barat di Kota Palu mencatat total 714 rumah mengalami kerusakan berat akibat gempa. Setelah disesuaikan dengan luas wilayah pada setiap zona intensitas, diketahui bahwa di zona intensitas IX dengan luas 2,46 km² terdapat 698 rumah rusak berat, sedangkan di zona intensitas VIII dengan luas 0,72 km² terdapat 155 rumah. Contoh perhitungan estimasi jumlah rumah yang mengalami rusak berat pada intensitas IX dapat dilihat pada **Tabel 5.6** sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Contoh Perhitungan Jumlah Rumah Berat Rusak Berat Pada Intensitas IX

Daerah Intensitas	Wilayah	Jumlah Rumah Pada Daerah Intensitas IX (bh)	Jumlah Rumah Rusak Berat Pada Daerah Intensitas IX (bh)
	KOTA PALU		
	Kec. Palu Barat	4521	842
	Kec. Palu Timur	6531	761
	Kec. palu Utara	4512	2871

Lanjutan Tabel 5.6 Contoh Perhitungan Perhitungan Jumlah Rumah Berat Rusak Berat Pada Intensitas IX

IX	Kec. Palu Selatan	16120	9847
	Kec. Tatanga	2634	1543
	Kec. Mantikulore	4410	3312
	Kec. Ulujadi	3501	2612
	Kec. Tawaeli	1677	672
	KABUPATEN DONGGALA		
	Kec. Tanantovoea	2312	1875
	Kec.Labuan	923	231
	Kec. Sindue	1129	242
	Kec. Sindue Tombusara	1543	1789
	Kec. Sindue Tobasa	1675	876
	Kec. Sirenja	1432	678
	Kec. Balaesang tanjung	2753	468
	Kec. Balaesang	3752	2432
	KABUPATEN SIGI		
	Kec. Marawola	5264	2349
	Kec. Sigi Biromaru	10901	1429
	Kec. Dolo	4972	2132
	Kec. Dolo Barat	3041	578
	Kec. Dolo Selatan	2580	1432
	Kec. Tanambulava	2103	678
	Kec. Gumbasa	2321	481

Sumber : Data Sekunder yang telah diolah

Data di atas menunjukkan bahwa gempabumi Palu pada tahun 2018 dan Yogyakarta pada tahun 2006 memiliki perbedaan yang signifikan dalam luasan daerah intinsitas dan penyebarannya. Ini mungkin karena jumlah episenter yang berbeda dari masing-masing gempa, tetapi luasan area yang mengecil karena intensitas gempa yang lebih tinggi cenderung sama. Untuk lebih jelasnya lebih jelasknya dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dan **Tabel 5.8**

Tabel 5. 8 Data Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Pada Berbagai Skala Intensitas Gempa Pada Gempa Palu 2018

MMI	LUAS AREA	JUMLAH RUMAH (KK)	RRB	%RB	RRS	%RS	RRR	%RR	% TOTAL KERUSAKAN	% TIDAK
V	375,24	24945	87	0,35	107	0,43	1224	4,91	5,68	94,32
VI	469,82	17472	790	4,52	932	5,33	2759	15,79	25,65	74,35
VII	208,79	15259	1370	8,98	1711	11,21	5337	34,98	55,17	44,83
VIII	233,21	55728	10098	18,12	7256	13,02	31068	55,75	86,89	13,11
IX	208,93	90607	40130	44,29	11860	13,09	34691	38,29	95,67	4,33

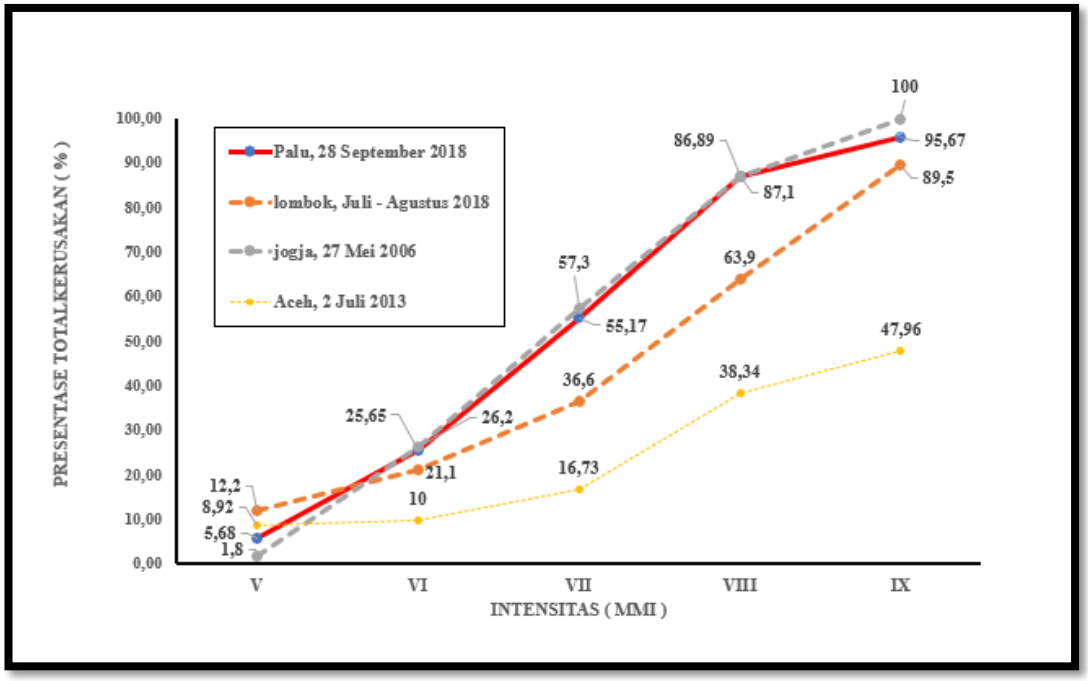
Sumber : Data Sekunder Yang Telah Diolah

Tabel 5. 9 Data Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Pada Berbagai Skala Intensitas Gempa Pada Gempa Yogyakarta 2006

MMI	LUAS AREA	JUMLAH RUMAH (KK)	RRB	%RB	RRS	%RS	RRR	%RR	% TOTAL KERUSAKAN	% TIDAK
V	2984	748509	3373	0,45	1953	0,26	8319	1,11	1,82	98,17
VI	1080	303285	11364	3,74	18667	6,15	49544	16,33	26,24	73,76
VII	754	365711	55941	15,29	44994	12,3	108743	26,73	57,33	42,66
VIII	524	284981	137943	48,40	28341	9,94	81900	28,73	87,09	12,91
IX	132	77471	65452	84,48	6747	8,7	5271	6,80	100	0,001

Sumber : (Wijaya, 2009)

Di bawah ini adalah perbandingan antara kerentanan bangunan rumah tinggal akibat gempa bumi pada gempa bumi Palu tahun 2018 dan beberapa gempa bumi yang penah terjadi untuk menunjukkan kerentanan bangunan rumah tinggal akibat gempa. Untuk perbandingan kerentanan bangunan rumah tinggal, dapat dilihat pada **Gambar 5.26** sebagai berikut.



Gambar 5. 27 Kurva Kerentanan Pada Kasus Gempa Palu 2018 (Data Sekunder yang sudah diolah), Gempa Lombok 2018 (Faizun 2019), Gempa Yogyakarta 2006 (Wijaya, 2009), Kabupaten Aceh Tengah dan Kabupaten Bener Meriah 2013 (Amin, 2015)

(Sumber : Data Sekunder yang telah diolah)

Berdasarkan perbandingan di atas, tingkat kerusakan akibat gempa bumi Palu 2018 lebih rendah dibandingkan gempa bumi Yogyakarta pada tahun 2006, tetapi lebih tinggi daripada kerusakan akibat gempa bumi Aceh pada tahun 2013. Persentase kerusakan pada intensitas IX untuk gempa Palu 2018 mencapai 95,67 %, sementara untuk intensitas yang sama, gempa Yogyakarta 2006 mencapai 100%, dan gempa Aceh 2013 sebesar 47,96%. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas bangunan di Palu lebih baik dibandingkan Yogyakarta, tetapi masih di bawah kualitas bangunan di Aceh Tengah dan Bener Meriah

5.7 Rasio Kerusakan Rumah Tiap Tingkat Kerusakan

Rasio kerusakan bangunan akibat gempa bumi dihitung dengan membagi nilai kerusakan bangunan setelah gempa dengan nilai bangunan sebelum mengalami kerusakan. Berdasarkan perhitungan rasio tersebut (dalam bentuk persentase), kita bisa mengetahui seberapa besar kerugian yang diderita oleh bangunan akibat gempa bumi. Umumnya, rasio kerusakan bangunan berkaitan erat dengan tingkat kerusakan tertentu (damage states) yang menggambarkan kondisi kerusakan bangunan.

Beberapa kejadian gempa telah terjadi, dan banyak pihak telah melakukan survei terkait gempa dengan berbagai tujuan untuk memperjelas tingkat kerusakan (situasi kerusakan). Tujuannya antara lain untuk memfasilitasi pendataan rumah-rumah yang rusak akibat gempa dan memperkirakan (menilai) kerugian yang terjadi pada area bangunan yang rusak. Perkiraan (evaluasi) ini nantinya berguna dalam menentukan anggaran yang perlu dikeluarkan untuk proses pemulihan dan rekonstruksi pasca gempa.

Penelitian ini akan menggunakan nilai rata-rata dari lima sampel rumah pada masing-masing tingkat kerusakan untuk menghitung nilai rasio kerusakan rumah yang disebabkan oleh gempa bumi Palu tahun 2018. Gambar di bawah ini menunjukkan jenis kerusakan yang terjadi di lapangan pada setiap tingkatan.



Gambar 5.28 Rumah Rusak Berat Dengan Rasio Kerusakan

(Sumber : Data Primer 2024)



Gambar 5.29 Rumah Rusak Sedang dengan Rasio Kerusakan

(Sumber : Data Primer 2024)



Gambar 5.30 Rumah Rusak Ringan Dengan Rasio Kerusakan

(Sumber : Data Primer 2024)

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa tipe rumah yang rusak berat biasanya mengalami kerusakan pada penutup atap, rangka penutup atap, gunungan, plafond, dinding, kusen, dan daun jendela dan pintu. Dalam pengambilan sampel, peneliti tidak menemukan rumah yang mengalami kerusakan pada pondasinya. Kerusakan lantai juga sedikit, seperti pondasi.

Sebuah rumah yang mengalami kerusakan menunjukkan kerusakan yang cukup parah pada penutup atap, dinding, dan plafond. Perbaikan sendiri tidak memerlukan biaya yang besar karena kerusakan terjadi hanya pada beberapa bagian

rumah. Dinding yang mengalami retak yang signifikan dapat diperbaiki dengan menambal bagian yang retak tersebut atau menggunakan pasangan baru untuk dinding yang mengalami kerusakan yang cukup parah. Bagian lain rumah, seperti penutup atap dan plafond, dapat diperbaiki dengan mengganti bagian yang rusak dengan yang baru. Dibandingkan dengan penutup atap, dinding, dan plafond, kerusakan pada rangka atap, kusen, daun jendela/pintu, dan keramik lebih jarang terjadi. Rumah dengan tingkat kerusakan sedang tidak mengalami kerusakan pondasi.

Rumah yang mengalami kerusakan ringan biasanya mengalami kerusakan yang sangat kecil, bahkan hampir tidak ada kerusakan sama sekali. Kerusakan paling umum terdiri dari retakan di dinding dan kerusakan pada atap atau gedung, yang diperbaiki dengan menambal bagian dinding yang retak dan mengganti beberapa bagian yang rusak.

Untuk mengetahui rasio kerusakan gempa, setiap rumah harus dinilai terlebih dahulu sebelum mengalami kerusakan akibat gempa. Perhitungan dimulai dengan mengalikan jumlah pekerjaan dengan harga satuan pekerja. Kemudian, setelah gempa, nilai kerusakan bangunan dihitung dengan cara yang sama, yaitu mengalikan jumlah pekerjaan yang rusak dengan harga satuan pekerja.

Untuk contoh perhitungan rasio kerusakan rumah dapat dilihat pada **Gambar 5.31** di bawah ini.

Gambar 5. 31 Contoh Perhitungan Rasio Kerusakan Rumah

NAMA PEMILIK **PAK RIYADI**

LOKASI **PALU SELATAN**

TINGKAT KERUSAKAN **BERAT**

No	Uraian Pekerjaan	Volume Sebelum Rusak	volume kerusakan	satuan	Harga Satuan	NILAI SEBELUM RUSAK (REPLACEMENT VALUE)	BOBOT (%)	NILAI RUSAK (COST OF DAMAGE)	PERSENTASE KERUSAKAN TERHADAP ITEM PEKERJAAN	PERSENTASE KERUSAKAN TERHADAP AWAL
					(Rp)	(Rp)		(Rp)		
1	pondasi batu belah	15,5	0	m3	Rp 704.501	Rp 10.919.762	10,01	Rp -	0,00	
2	penutup atap genteng	25,5	25,5	m2	Rp 167.875	Rp 4.280.813	3,92	Rp 4.280.813	100,00	3,92
3	kaca polos	2,4	2,4	m2	Rp 152.625	Rp 366.300	0,34	Rp 366.300	100,00	0,34
4	lantai keramik 30 x 30	30,5	14,4	m2	Rp 204.418	Rp 6.234.749	5,71	Rp 2.943.619	47,21	2,70
5	kusen kayu jati	0,35	0,35	m3	Rp 26.630.538	Rp 9.320.688	8,54	Rp 9.320.688	100,00	8,54
6	pintu kayu jati	9,6	9,6	m3	Rp 1.055.753	Rp 10.135.224	9,29	Rp 10.135.224	100,00	9,29
7	jendela kayu jati	2,4	2,4	m3	Rp 1.055.753	Rp 2.533.806	2,32	Rp 2.533.806	100,00	2,32
8	rangka atap usuk kayu jati	25,5	25,5	m2	Rp 27.649	Rp 705.045	0,65	Rp 705.045	100,00	0,65
9	kuda - kuda dan gording	1,24	1,24	m3	Rp 27.266.775	Rp 33.810.801	30,98	Rp 33.810.801	100,00	30,98
10	bouven kayu	0,09	0,09	m2	Rp 350.500	Rp 31.545	0,03	Rp 31.545	100,00	0,03
11	gunungan	0	0	m2	Rp 210.000	Rp -	0,00	-	0,00	0,00
12	keramik dinding	17,5	17,5	m2	Rp 230.939	Rp 4.041.427	3,70	Rp 4.041.427	100,00	3,70
13	dinding bata merah	54,13	54,13	m2	Rp 494.084	Rp 26.744.748	24,51	Rp 26.744.748	100,00	24,51
DAMAGE RATIO						Rp 109.124.908	100	Rp 94.914.016		86,98
						86,97740809				

Tabel 5.10 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Berat

No	Sampel	Alamat	Nilai Rumah (Replacement Value (Rp)	Nilai Kerusakan (Cost of Damage) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Riyadi	Palu Selatan	Rp109.124.908	Rp94.914.016	86,98
2	Hendra	Palu Selatan	Rp82.948.243	Rp73.911.998	89,11
3	Sidar	Palu Selatan	Rp109.257.867	Rp99.042.606	90,65
4	Baso	Palu Selatan	Rp77.611.285	Rp69.509.526	89,56
5	Bakrie	Palu Selatan	Rp76.072.091	Rp68.808.689	90,45
		Rata - rata	Rp91.002.879	Rp81.237.367	89,35

Sumber : Data Primer Yang Telah Diolah

Tabel 5.11 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Sedang

No	Sampel	Alamat	Nilai Rumah (Replacement Value (Rp)	Nilai Kerusakan (Cost of Damage) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Ari	Tawaeli	Rp72.219.321	Rp21.789.094	30,17
2	Budi	Tawaeli	Rp88.377.540	Rp27.142.194	30,71
3	Asmin	Tawaeli	Rp101.371.867	Rp28.645.586	28,26
4	Bambang	Tawaeli	Rp88.161.468	Rp26.011.351	29,50
5	Aji	Tawaeli	Rp88.196.967	Rp20.604.119	23,36
		Rata - rata	Rp87.665.433	Rp24.838.469	28,40

Sumber : Data Primer Yang Telah Diolah

Tabel 5. 12 Rasio Kerusakan Rumah Untuk Rumah Rusak Ringan

No	Sampel	Alamat	Nilai Rumah (Replacement Value (Rp)	Nilai Kerusakan (Cost of Damage) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Heri	Sausu	Rp72.993.596	Rp5.187.878	7,11
2	Sri	Sausu	Rp80.220.219	Rp6.796.847	8,47
3	Ria	Sausu	Rp89.419.209	Rp2.584.057	2,89
4	Sarto	Sausu	Rp90.458.957	Rp4.940.837	5,46
5	Gunawan	Sausu	Rp83.058.497	Rp2.717.460	3,27
		Rata - rata	Rp83.230.096	Rp4.445.416	5,44

Sumber : Data Primer Yang Telah Diolah

Menghitung rasio kerusakan lima sampel rumah untuk masing-masing tingkat kerusakan, kami menghasilkan nilai rata untuk rata-rata rasio kerusakan. Rumah dalam kategori rusak ringan memiliki rasio kerusakan terkecil, sedangkan rumah dalam kategori rusak berat memiliki rasio kerusakan terbesar. Perbandingan antara rasio kerusakan rata-rata untuk masing-masing tingkat kerusakan dengan beberapa standar yang ditetapkan dapat dilihat pada **Tabel 5.11** berikut ini.

Tabel 5.13 Perbandingan Hasil Perhitungan Rasio Kerusakan (DR) Dengan Beberapa Standar

No	Tingkat Kerusakan	Rasio Kerusakan		Rata – rata DR Fema 1999 (%)	Hasil Perhitungan Rata – rata DR Gempa Palu 2018 (%)
		Bakornas	Fema 1999		
1	Ringan	10 - 25	1 - 15	2%	5,44 %
2	Sedang	26 - 50	16 - 40	10%	28,40%
3	Berat/Roboh	51 - 100	41 - 100	100 %	89,35 %

Sumber : Bakornas 2006 , FEMA 1999, dan Data Primer 2024 yang telah di olah

Untuk Tabel *damage probability matrix* (DPM) dapat dilihat pada **Tabel 5.12** di bawah ini.

Tabel 5.14 *Damage Probabilty Matrix* (DPM) Untuk Gempabumi Palu 2018

Damage State	Damage Ratio (%)	Central Damage Ratio (%)	MMI (%)				
			V	VI	VII	VIII	IX
None	0	0	94,3	74,4	44,8	13,1	4,3
Light	5,44	8,10%	4,9	15,8	35,0	55,7	38,3
Moderate	28,40	12,23%	0,4	5,3	11,2	13,0	13,1
Heavy	89,35	68,13%	0,3	4,5	9,0	18,1	44,3

Sumber : Data Sekunder yang telah diolah 2024

Matriks probabilitas kerusakan (DPM) pada Tabel 5.12 dapat digunakan sebagai acuan untuk mengestimasi tingkat kerusakan yang mungkin terjadi pada suatu bangunan atau infrastruktur akibat gempa bumi dengan intensitas tertentu di wilayah yang memiliki karakteristik serupa dengan Palu. Informasi ini sangat penting dalam pengambilan keputusan terkait mitigasi bencana dan perencanaan pembangunan yang tahan gempa.

5.8 Rasio Kerusakan (Damage Ratio) Rumah Pada Berbagai Skala Intensitas Gempabumi

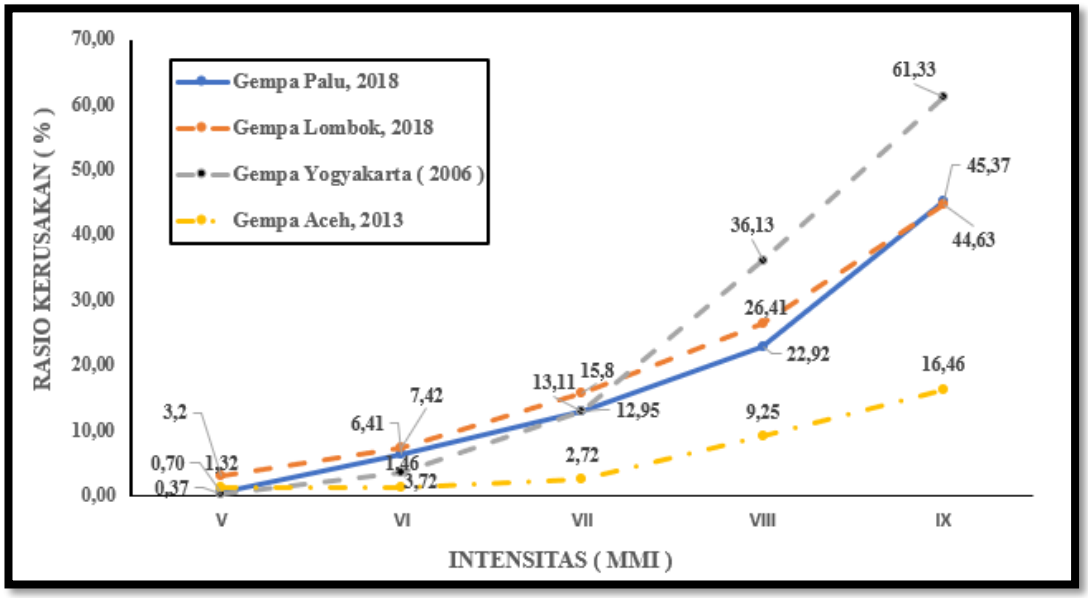
Pada kasus gempa bumi Palu 2018, jumlah kerusakan rumah, mulai dari rusak berat hingga tidak mengalami kerusakan, telah diketahui berdasarkan intensitas gempa dan ditampilkan pada **Tabel 5.7**. Untuk menghitung damage ratio (rasio kerusakan) di setiap wilayah dengan intensitas tertentu, digunakan langkah-langkah berikut. Pertama, kalikan rata-rata damage ratio pada tiap tingkat kerusakan dengan jumlah bangunan rumah yang mengalami kerusakan. Kemudian, hasil tersebut dibagi dengan total jumlah rumah (yaitu jumlah rumah rusak ditambah jumlah rumah yang tidak rusak). Hasil perhitungan rasio kerusakan ini disajikan dalam **Tabel 5.13,** dan proses perhitungan tersebut mengikuti persamaan berikut.

Tabel 5. 15 Hubungan Intensitas dan Rasio Kerusakan (Damage Ratio) Untuk Gempa Bumi Palu 2018

Tingkat Kerusakan	**Roboh/Rusak Berat (RB)**	**Rusak Sedang (RS)**	**Rusak Ringan (RR)**	**Tidak Rusak (TR)**		
Rata – Rata Damage Ratio	**0,8935**	**0,2840**	**0,0544**	**0**		
MMI	**Jumlah Rumah (KK)**	**Roboh/Rusa Berat (RB)**	**Rusak Sedang (RS)**	**Rusak Ringan (RR)**	**Tidak Rusak (TR)**	**Damage Ratio (%)**
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = ((3)*RB+(4)*RS+(5)*RR+(6)*TR))/(2)
V	24945	87	107	1224	23527	0,70
VI	17472	790	932	2759	12991	6,41
VII	15259	1370	1711	5337	6841	13,11
VIII	55728	10098	7256	31068	7306	22,92
IX	90607	40130	11860	34691	3926	45,37

Sumber : Data Sekunder 2024 yang telah diolah

Tabel 5.13 di atas menunjukkan bahwa nilai rasio kerusakan, atau rasio kerusakan, meningkat seiring dengan intensitas gempa bumi yang terjadi. Nilai rasio kerusakan sebesar 45,37 % pada daerah intensitas IX MMI, yang merupakan hampir setengah dari total jumlah rumah di daerah tersebut, menunjukkan bahwa kualitas bangunan di Kota Palu masih sangat buruk. Kasus gempa bumi Yogyakarta (2006), Lombok (2018), dan Bener Meriah (2013) akan dibandingkan dengan rasio kerusakan bangunan rumah yang dapat dilihat di gambar dibawah ini.



Gambar 5. 32 Kurva Rasio Kerusakan (*Damage Ratio*) Pada Kasus Gempabumi palu (2018), Gempabumi Lombok (2018), Gempabumi Aceh Tengah dan kabupaten Bener Meriah (2013), dan Yogyakarta (2006)

(Sumber : Data Sekunder yang telah diolah)

Dari **Gambar 5.30** menunjukkan bahwa rasio kerusakan bangunan meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas gempa (MMI), di mana Gempa Palu (2018) hamper sama dengan gempa lomblok 2018 dan gempa Yogyakarta (2006) menghasilkan rasio kerusakan tertinggi pada intensitas IX dibandingkan gempa lain. Sebaliknya, Gempa Aceh 2013 memiliki dampak kerusakan yang relatif lebih rendah pada semua tingkat intensitas. Hal ini mencerminkan bahwa selain intensitas gempa, faktor-faktor lain seperti kondisi infrastruktur, kualitas bangunan, dan mitigasi bencana turut memengaruhi tingkat kerusakan

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan kali ini akan merujuk kembali pada rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah disampaikan di Bab I. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, kemudian dianalisis dan dibahas secara mendalam pada Bab V, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Korban gempa bumi Palu tahun 2018 tersebar di seluruh kabupaten yang ada di Palu, demikian juga dengan kerusakan bangunan. Namun, daerah teluk yang padat penduduk dan berada di tepi pantai mengalami dampak korban dan kerusakan paling besar, seperti di Palu Barat dengan total 943 korban jiwa. Secara keseluruhan, Kota Palu mencatat lebih dari 50 ribu bangunan rumah yang rusak. Selain wilayah teluk, Palu Selatan juga mencatat jumlah korban dan kerusakan yang signifikan, dipengaruhi oleh kondisi tanah di kawasan tersebut. Di daerah Petobo dan Balaroa, tanah didominasi oleh lempung berpasir dan sedimen aluvial dengan kandungan air yang tinggi. Saat gempa besar terjadi, ikatan antar partikel tanah terlepas, menyebabkan air naik ke permukaan dan mengubah tanah menjadi lumpur.
2. Pada kasus gempa bumi Palu 2018, intensitas VII hingga IX MMI lebih banyak terfokus di kawasan Teluk Palu, sedangkan intensitas II hingga VI MMI lebih banyak terdistribusi di bagian utara Pulau Sulawesi. Pusat gempa terletak di Donggala. Pola sebaran kontur intensitas tidak membentuk lingkaran, sehingga pusat gempa tidak berfungsi sebagai pusat dari garis isoseismal. Selain itu, terdapat hubungan antara intensitas dan percepatan; semakin tinggi nilai intensitas gempa, semakin tinggi pula percepatan yang diukur.
3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kerentanan suatu bangunan rumah meningkat seiring dengan semakin tingginya intensitas gempa. Kerentanan

tertinggi terjadi di daerah dengan intensitas IX MMI, di mana tingkat kerusakannya mencapai 95,67%. Jika dibandingkan dengan beberapa kejadian gempa sebelumnya, seperti gempa di Yogyakarta dan di Kabupaten Aceh Tengah serta Kabupaten Bener Meriah, persentase kerusakan pada gempa Palu berada di antara persentase kerusakan gempa Yogyakarta yang mencapai 100% dan gempa Lombok yang mencapai 89,5%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi bangunan di Palu (2018) lebih baik dibandingkan dengan kondisi bangunan di Yogyakarta (2006), tetapi tidak sebaik kondisi bangunan di Pulau Lombok (2018).

4. Rata-rata rasio kerusakan (*mean damage ratio*) pada gempa Palu 2018 untuk rumah yang mengalami kerusakan berat adalah 89,35 %, dengan rata-rata nilai kerusakan sebesar Rp81.237.367 dari nilai awal bangunan rumah yang rata-rata Rp91.002.879 . Untuk rumah yang mengalami kerusakan sedang, rasio kerusakan rata-ratanya adalah 28,40%, dengan nilai kerusakan rata-rata Rp24.838.469 dari nilai awal rata-rata rumah Rp87.665.433. Sementara itu, rumah yang mengalami kerusakan ringan memiliki rata-rata rasio kerusakan sebesar 5,44 %, dengan nilai kerusakan rata-rata Rp4.445.416 dari nilai awal rumah yang rata-rata Rp83.230.096. Untuk rumah dengan kerusakan berat dan sedang, rata-rata rasio kerusakannya masih dalam batas yang ditetapkan oleh Bakornas, sedangkan rasio kerusakan untuk rumah yang mengalami kerusakan ringan berada di bawah batas tersebut. Hubungan antara intensitas gempa dan rasio kerusakan menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas gempa, semakin besar nilai rasio kerusakan pada bangunan.

6.2 Saran

1. Pentingnya melakukan penelitian serupa agar data mengenai kegempaan, khususnya di kawasan Republik Indonesia, dapat terdokumentasi dengan lengkap. Hal ini akan menjadikan Indonesia sebagai negara yang berkompeten dalam bidang ilmu kegempaan.
2. Untuk penelitian tentang isoseismal di masa depan, sebaiknya jumlah responden diperbanyak dengan distribusi data yang lebih baik. Pengambilan data juga perlu dilakukan segera setelah masa tanggap darurat berakhir, untuk menghindari agar masyarakat yang menjadi responden tidak melupakan pengalaman yang mereka rasakan saat bencana gempa bumi terjadi.
3. Diperlukan pengelompokan bangunan berdasarkan tahun pembuatan, fungsi bangunan, dan jenis atau tipe konstruksinya. Pengelompokan data bangunan ini akan sangat bermanfaat untuk perhitungan kerentanan bangunan serta dalam penilaian bencana saat bencana akan terjadi.
4. Untuk penelitian lanjutan terkait rasio kerusakan bangunan rumah, perlu dilakukan pengembangan, seperti perhitungan rasio kerusakan berdasarkan jenis atau tipe konstruksi bangunan yang berbeda. Pendekatan ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kerentanan antara berbagai jenis bangunan rumah yang memiliki konstruksi berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, M. A. R. (2018). Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus: Gempa Aceh 2 juli 2013). *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Volume 4*, 41–51.

Bidang Seismologi Teknik. (t.t.). *Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempabumi Utara Donggala Sulteng*.

Cilia, M. G., Mooney, W. D., & Nugroho, C. (2021). Field Insights and Analysis of the 2018 Mw 7.5 Palu, Indonesia Earthquake, Tsunami and Landslides. *Pure and Applied Geophysics*, *178*. https://doi.org/10.1007/s00024

Dowrick, D. J., Hancox, G. T., Perrin, N. D., & Dellow, G. D. (2008). The Modified Mercalli Intensity Scale - Revisions Arising From New Zealand Experience. *BULLETIN OF THE NEW ZEALAND SOCIETY FOR EARTHQUAKE ENGINEERING*, *41*.

Eko Widodo, L., Simangunsong, G. M., & Heru Prassetyo, S. (2019). *Peran Akuifer Tertekan dalam Eskalasi Likuifaksi Palu Akibat Gempa Palu Tanggal 28 September 2018*. https://www.researchgate.net/publication/363462053

Faizun, M. R. (2020). *Distribusi Korban, Kerusakan Bangunan, Isoseismal, Percepatan Tanah, Dan Kurva Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus Gempabumi Lombok Bulan Juli - Agustus 2018)* [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia.

Haryadi, W. (2012). Gempa Tektonik Di Pulau Sumbawa Dan Dampaknya Terhadap Bangunan Sipil (Suatu Kajian Geologis). *Jurnal GaneÇ Swara*, *Volume 6 No.2*.

Jalil, A., Fathani, T. F., Satyarno, I., & Wilopo, W. (2021). Liquefaction in Palu: the cause of massive mudflows. *Geoenvironmental Disasters*, *8*(1). https://doi.org/10.1186/s40677-021-00194-y

Jaya, A., Nishikawa, O., & Jumadil, S. (2019). Distribution and morphology of the surface ruptures of the 2018 Donggala–Palu earthquake, Central Sulawesi, Indonesia. *Earth, Planets and Space*, *71*(1). https://doi.org/10.1186/s40623-019-1126-3

Nur, M. A. (2010). Gempabumi, Tsunami Dan Mitigasinya. *Jurnal Geografi, Volume 7*, 67–68.

Patton, J. R., Wilson, R., Dengler, L., LaDuke, Y., & Miller, K. (2019). *EERI Preliminary Notes on Tsunami Informa-tion and Response: A product of the EERI Learning from Earthquakes Program*.

Pusgen. (2018). *Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah (28 September 2018)*.

Rossetto, & Dkk. (2019). *The Central Sulawesi, Indonesia Earthquake and Tsunami of 28 th The Central Sulawesi, Indonesia Earthquake and Tsunami of 28 th September 2018-A Field Report by EEFIT-TDMRC*.

Rossetto, T., & Elnashai, A. (2003). Derivation of vulnerability functions for European-type RC structures based on observational data. *Engineering Structures*, *25*(10), 1241–1263. https://doi.org/10.1016/S0141-0296(03)00060-9

Rossetto, T., Raby, A., Brennan, A., Lagesse, R., Robinson, D., Adhikari, R. K., Rezki-Hr, M., Meilianda, E., Idris, Y., Kumala, I. D., Macabuag, J., & Bank, W. (2018). *The Central Sulawesi, Indonesia Earthquake and Tsunami of 28 th The Central Sulawesi, Indonesia Earthquake and Tsunami of 28 th September 2018-A Field Report by EEFIT-TDMRC*.

Trifunac, M., Trifunac, M. D., & Brady, A. G. (1975). On the correlation of seismic intensity scale with the peaks of recorded strong ground motion ON THE CORRELATION OF SEISMIC INTENSITY SCALES WITH THE PEAKS OF RECORDED STRONG GROUND MOTION. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *65*(1), 139–162. https://www.researchgate.net/publication/247033184

Wald, D. J., & Dkk. (1999). Relationship Between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, And Modified Mercalli Intensity In California. *Earthquake Spectra, Volume 15*.

Whitman, R. V. (1973). *Seismic Design Decision Analysis PB 295059 Damage Probability matrices For Prototype Buildings*.

Wibisono, & Dkk. (2021). Penentuan Episentrum dan Hiposentrum Gempa Bumi Menggunakan Metode Grid Search di Antelope Valley, California. *JURNAL GEOCELEBES, Volume 5*, 173–181. https://doi.org/10.20956/geocelebes.v5i2.14635

Widodo. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan* (Vol. 1). PUSTAKAPELAJAR.

Widodo. (2018). The estimated pga map of the Mw6.4 2006 yogyakarta Indonesia earthquake, constructed from the modified mercalli intensity imm. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, *51*(2), 92–104. https://doi.org/10.5459/bnzsee.51.2.92-104

Wijaya, H. H. (2009). *Isoseismal, Kerentanan, Dan Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006)* [Tesis]. Universitas Islam Indonesia.

Windiastuti, C. (2020). *Isoseismal, Kerentanan, Dan Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal* [Tesis]. Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Angket Kuisioner

Angket Pengkajian Intensitas Gempa
Rekayasa Kegempaan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta
Gempa Palu 2018

Pertama-tama, kami ingin menyampaikan rasa belasungkawa kami yang sedalam-dalamnya kepada mereka yang terkena bencana alam gempa bumi pada tahun 2018 yang lalu, yang telah kehilangan sanak saudara dan harta benda.

Pada kunjungan penelitian melalui blangko angket kali ini, kami ingin menanyakan kejadian yang dialami Bapak/Ibu/Sdr saat terjadi gempa pada September 2018 tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkirakan distribusi intensitas gempa, atau dengan kata lain kekuatan getaran di setiap lokasi. Jawaban Bapak/Ibu/Sdr atas pertanyaan-pertanyaan kami nantinya akan sangat bermanfaat, karena Bapak/Ibu/Sdr yang mengalami gempa tersebut.

Hasil penelitian ini akan dianalisa untuk mendapatkan informasi guna mengurangi kerusakan/kerugian akibat gempa-gempa lain di masa yang akan datang.

Terima kasih atas bantuan dan kerja sama bapak/ibu/sdr

Berilah Tanda (✓) pada skala MMI (pilihlah salah satu dari I – IX) yang sesuai dengan keadaan yang bapak/ibu/saudara/i alami pada saat terjadinya kejadian gempa pada 2018 di palu

RESPON ORANG

MMI		URAIAN
I		• Gempa tidak terasa, kecuali oleh satu, dua orang saja di tempat yang hening
II		• Gempa terasa oleh sedikit sekali orang yang sedang beristirahat atau berada pada bangunan yang tinggi. • Banyak orang yang tidak menyadari kalau telah terjadi gempa bumi

III		• Gempa terasa jelas oleh bberapa orang yang berada dalam rumah atau gedung, terutama yang berada pada bangunan tinggi • Diluar rumah atau gedung hanya dirasakan sedikit orang • Getaran gempa seperti getaran truck kecilyang sedang lewat. • Lama getaran bisa dihitung.
IV		• Gempa dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah atau gedung. • Diluar rumah atau gedung dirasakan oleh beberapa orang. • Getaran gempa seperti getaran truck besar yang sedang lewat (seperti ada benda berat yang menabrak bangunan). • Orang yang sedang tidur terbangun.
V		• Gempa dirasakan oleh hamper setiap orang (di luar dan di dalam gedung). • Banyak orang tidur terbangun. • Sedikit orang yang memberikan peringatan bahaya
VI		• Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak orang terkejut. • Orang-orang berlari keluar bangunan karena ketakutan/panik. • Orang dan binatang memberi peringatan tanda bahaya • Sulit berjalan stabil.
VII		• Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak orang terkejut. • Semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan/panik. • Semua orang dan binatang memberi peringatan tanda bahaya • Sangat sulit berjalan stabil.
VIII		• Semua memberi peringatan bahaya, mendekati panik. • Pengemudi mobil dan motor sangat terganggu.
IX		• Semua panik dan ketakutan

RESPON OBJEK/BENDA

MMI	**URAIAN**	
I		• Benda-benda diam, tidak bergerak.
II		• Benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
III		• Objek yang menggantung bergoyang • Kendaraan yang diam / diparkir bergoyang sedikit
IV		• Pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi. • Air dalam wadah terbuka bergoyang. • Mobil dan motor yang diam / diparkir terlihat jelas bergetar • Lampu gantung bergoyang
V		• Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya • Beberapa jendela kaca, keramik, piring dan gelas pecah. • Barang-barang di atas meja (vas bunga, dsb) ikut bergerak dan sebagian berjatuhan

		• Pintu dan jendela yang terbuka bergoyang. • Pigura di dinding bergoyang
VI		• Banyak barang yang terbuat dari kaca (gelas, piring, keramik, dll) pecah • Barang-barang berjatuhan dari rak / meja dan pecah. • Pigura jatuh dari dinding • Sedikit furniture (lemari, dll) berat yang dilantai licin bergeser dari tempatnyadan sebagian yang tidak stabil roboh.
VII		• Banyak barang dari kaca (gelas, piring, keramik, dll) pecah. • Sebagian besar barang di atas meja / rak berjatuhan dan rusak. • Beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh. • Bel yang besar berbunyi.
VIII		• Meja dan kursi berantakan. • Banyak furniture (lemari dll) yang berat roboh dan rusak.
IX		• Hampir semua furniture (lemari dll) dan perabot rumah (pigura, televisi dll) berjatuhan / roboh dan rusak.

RESPON LINGKUNGAN

MMI	**URAIAN**	
I		**……..**
II		**……..**
III		**……..**
IV		**……..**
V		• Pohon-pohon yang tinggi bergoyang.
VI		• Pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara.
VII		• Air menjadi keruh mengeluarkan lumpur • Penurunan pada tanah jelek • Rekahan pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing • Sedikit kejadian air sampai keluar dari tanah (likuifaksi)
VIII		• Ranting pohon patah. • Retak tampak pada lereng curam dan tanah basah. • Terjadi longsoran kecil hingga sedang pada tebing jalan
IX		• Retak pada tanah tampak mencolok. • Longsor pada lereng yang curam umum ditemui. • Air sampai keluar dari tanah (likuifaksi) terjadi di beberapa tempat. • Pipa-pipa di dalam tanah putus

BANGUNAN

MMI	**URAIAN**	
I		**……..**
II		**……..**

III		**……..**
IV		• Dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
V		• Kerusakan ringan terjadi • Plesteran dinding retak
IV		• Plesteran dinding retak dan mengelupas. • Kerusakan ringan pada bangunan dengan material dan standar pengerjaan yang rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen dll)
VII		• Banyak bangunan – bangunan yang rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll) mengalami rusak berat dan beberapa roboh. • Bangunan yang belum memakai tulangan / besi namun dengan pengerjaan yang biasa dan spesi kualitas rata-rata mengalami rusak dan sebagian roboh. • Rusak ringan seperti timbul retak-retak di tembok pada bangunan dengan desain dan pengerjaan yang baik (sudah ada sloof, balom, kolom bertulang). • Dinding dapat lepas dari kerangka bangunan dan monument-monumen roboh
IX		• Seluruh bangunan yang tanpa beton bertulang (tanpa sloof, balok, dan kolom) mengalami kerusakan cukup parah. • Banyak bangunan yang tampak bergeser dari pondasinya. • Kerusakan berarti pada bangunan beton bertulang dengan standar pengerjaan dan material yang baik. • Bangunan-bangunan bertingkat yang didesain dengan baik mengalami rusak sedang hingga berat untuk beberapa kasus.

Bolehkah kami mengetahui nam dan alamt anda ?

Nama : ……

Alamat : ……

Catatan : ***diisi alamat dimana Bapak/Ibu/Sdr mengalami kejadian gempa***

Terima kasih banyak atas bantuan dan kerjasama Bapak / Ibu / Sdr/i.

Mudah-mudahan apa yang Bapak / Ibu / Sdr/i. sampaikan tersebut bisa berguna untuk mengantisipasi terjadinya gempa bumi di masa yang akan datang khususnya untuk mengurangi jumlah korban jiwa dan kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi.

Lampiran 2 : Panduan Wawancara

Panduan Wawancara Terstruktur

1. Apakah anda merasakan terjadinya gempa bumi

    1) Ya, terasa
    2) Tidak terasa

2. JIKA ANDA MERASAKAN GEMPA, apakah orang orang sekitar anda juga mersakan

Gempa bumi tersebut

    1) tidak seorangpun merasakan
    2) Sedikit orang merasakan
    3) Banyak orang merasakan
    4) Semua orang merasakan

3. Dimanakah anda ketika Gempabumi terjadi ?

    Alamat :
    ……..

4. Dimanakah anda , di dalam bangunan atau di luar banguna saat gempa terjadi ?

    1) Di dalam bangunan (rumah, gedung, dll)
    2) Di luar bangunan (diluar rumah, di luar gedung, dll)
    3) Di kendaraan (di mobil, motor , dll)

NOMOR 5 & 6 KHUSUS PERTANYAAN UNTUK YANG SAAT GEMPA BERADA DI KENDARAAN

5. Jika anda sedang mengendarai kendaran saat gempa, apakah saat itu sulit mengendalikan kendaraan ?

    1) Tidak sulit
    2) Agak sulit
    3) Sulit mengendarakan saat itu
    4) Kendaraan saya hentikan, karena sudah tidak terkendali lagi
    5) Saya sampai terjatuh dari kendaraan atau susah keluar dari mobil

6. Kalau anda berada di kendaraan yang berhenti. Apakah anda merasa kendaraan bergoyang ?

    1) Tidak bergoyang
    2) Kendaraan bergoyang sedikit
    3) Kendaraan bergoyang cukup keras
    4) Kendaraan hamper terguling

Jikan Anda TIDAK MERASAKAN TERJADINYA GEMPA BUMI, Maka silahkan langsung ke pertanyaan 27, Lompatilah pertanyaan No 7 sampai No 26.

7 Bagaimana kesan anda pada goyangan yang terjadi ?

1) Saya tidak pasti apakah terjadi gempa bumi atau tidak
2) Saya merasa yakin bahwa yang baru saja terjadi adalah gempa bumi dan saya masih berdiri normal
3) Saya kesulitan untuk berdiri
4) Saya tidak dapat berdiri
5) Saya terjatuh akibat gempa bumi

8. bagaimana anda merasakan gempa bumi yang terjadi ?

1) Gentaran kecil sekali, sedikit sekali porang yang merasakan
2) Seperti truck ringan yang sedang lewat
3) Seperti truck berat yang sedang lewat
4) Seperti benda berat yang menumbuk bangunan
5) Seperti bangunan meledak

9. Dari material apakah bangunan yang anda tempati ?

1) Rumah/bangunan kayu, bambu
2) Rumah/bangunan batu-bata tanpa tulangan / tanpa besi beton
3) Rumah/bangunan tembok beton bertulang / dengan besi beton
4) ……

10. Berapa tahun usia banguan yang anda tempat ? (…) tahun

11. Berapa Tingkat bangunnan tersebu ? (…) tingkat

12. Pada lantai berapakah anda merasakan gempa bumi tersebut ?

1) Lantai dasar
2) Lantai 1
3) Lantai 2
4) Lantai 3
5) Lantai ke ….

13. JIKA ANDA TERTIDUR, apakah anda terbangun karena gempa bumi ?

1) Saya sedang tidak tidur saat gempa bumu terjadi
2) Tidak terbangun
3) Saya terbangu, tetapi saya tidak sadar mengapa saya terbangun
4) Saya terbaangun, dan saya sadar bahwa gempa bumi telah terjadi

14. Apakah anda merasakan ketakutan saat gempa bumi terjadi ?

1) Tidak takut
2) Sediki takut, tetapi saya merasa aman dengan tetap tinggal di dalam bangunan

3) Hampir menakutkan
4) Menakutkan dan saya tidak tahhu apa yang harus saya lakukan
5) Panik

15. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apa yang terjadi dengan objek yang bergantung seperti pigura di tembok dan lampu ?

1) Tidak terjadi apa – apa
2) Bergoyang sedikit tanpa suara
3) Bergoyang dengan suara gaduh dan beberapa berpindah tempat
4) Sebagian rusak dan jatuh
5) Banyak yang rusak dan jatuh
6) Setiap ojek yang tergantung rusak atau jatuh

16. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah yang terjadi dengan lemari dan perabot – perabot berat di dalam rumah ?

1) Tidak terjadi apa – apa
2) Sedikit bergoyang
3) Bergoyang keras
4) Sebagian lemari dan perabot – perabot berat bergeser
5) Banyak lemari dan perabot – perabot bergeser dan sebagian roboh
6) Banyak lemari dan perabot – perabot berat roboh dan rusak

17. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah pohon atau mobil yang berhenti tampak bergoyang karena gempa bumi ?

1) Tidak terlihat bergoyang
2) Terlihhat bergoyang sedikit
3) Terlihat bergoyang cukup keras
4) Bergoyang sampai menimbulkan suara keras

18 JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah air di vas bunga, mangkuk, akuarium, dsb, berger ?

1) Tidak terlihat bergoyang
2) Bergoyang sedikit
3) Bergoyang keras
4) Air dalam wadah tersebut tumpah

19. Suara gaduh seperti apaa yang anda dengar sepanjang gempa bumi ?

1) Tidak terdengan apa – apa
2) Jendela , pintu dan gelas berderik atau suara menggeretak dari tembok dan lantai
3) Jendela dan pintu terbanting atau suara menggeretak dari tiap bangian bangunan
4) Suara terbanting, menggeretak dan suara benda – benda hancur dari isi bangunan

20. Apa yang terjadi dengan plesteran ?

1) Tidak terjadi apa- apa
2) Terbentuk retakan pas plesteran dan / sebagian kecil dari plesteran lepas
3) Sebagian plester lepas di mana – mana
4) Keseluruhan muka plesteran lepas di mann – mana

21. Apa yang terjadi dengan pada dinding / tembok rumah ?

1) Tidak terjadi apa – apa
2) Retak kecil
3) Retak besar dan dalam
4) Timbul celah pada dindinng
5) Sebagian dinding miring atau roboh
6) Hmpir semua dinding rumah roboh

22. Apa yang terjadi dengan atap ?

1) Tidak terjadi apa – apa
2) Rusak pada atap dan atau bagian atap
3) Atap roboh

23. Seperti apa kerusakan bangunan yang terjadi ?

1) Bnagunan tidak rusak
2) Banguan rusak ringan
3) Bangunan rusak sedang
4) Bangunan rusak berat
5) Bangunan roboh total

24. Bagaimana dengan kerusakan bangunan (terutama rumah) yang terjadi disekitar anda ?

1) Tidak ada yang rusak
2) Ada beberapa yang rusak , namun hanya rusak ringan itupun jumlahnya sedikit
3) Ada beberapa bangunan yang rusak berat / roboh
4) Banyak bangunan yang mengalami rusak berat // roboh
5) Lebih dari ½ (setengah) bangunnan yang ada rusak berat atau roboh

25. apa yang terjadi dengan jalan – jalan ?

1) Tidak terjadi apa – apa
2) Rusak ringan (sepeda motor dapat lewat denan kecepatan normal)
3) Rusak sedang (sepeda motor berjalan pelan – pelan)
4) Rusak berat (sepeda motor harus berjalan pelan – pelan)
5) Jalan tidak bisa dilalui sepeda motor, namun sepeda bisa
6) Hanya pejalan kaki yang bisa melewati

26. Apa yang terjadi dengan tanah?

1) Tidak terjadi penurunan tanah
2) Retak sempit / kecil pada tanah
3) Retak lebar, hingga jari kaki bisa masuk
4) Retak lebar, hingga kaki bisa masuk
5) Retak lebar, hingga tubuh bisa masuk
6) Ada tanah yang mengalami penurunan ke bawah dann ke samping
7) Di banyak tempat, terjadi penurunan ke bawah dan ke samping

27. Apakah anda laki – laki atau Perempuan?

1) Laki – laki
2) Perempuan

28. Berapa ussia anda? …….

29. Apakah pekerjaan anda?.....

Lampiran 3 : Blanko Survey Kerusakan Rumah

BLANKO SURVEY

Sarjana Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA (UII) , YOGYAKARTA

Nama Pemilik :

……

Alamat :

……

Koordinat :

……

Type Bangunan : Batu Bata Tanpa Beton Bertulang /

……...

Tahun Dibangun :

……

Tingkat Kerusakan : Rusak Berat/Rusak Sedang /Rusak Ringan

……

A. DENAH RUMAH

Sket Gambar

Keterangan …… …… …… ……

B. PONDASI

B.1 DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Pondasi : Batu Hitam / Batu Putih /

……

Spesi Pondasi : 1 Pc : 4 Ps / 1 Pc : 3 Ps : 5 Kpr /

…….

Sket Gambar :

Panjang Pondasi :

……

Ukuran Pondasi :

……

Sket Gambar :

Luas Tampang Pondasi (A) = ……m2

Volume Pondasi : P x A = ……..=.....m3

B. 2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada pondasi rumah? ☐ YA ☐ TIDAK

Panjang pondasi yang rusak : ……m

Sket Gambar :

Panjang Rusak Total = ……m2

Volume pondasi rusak : Pr x A = ……m3

C. DINDING / TEMBOK

C.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Dinding : Batu Bata / Batako /
……

Spesi Dinding : 1 Pc : 4 Ps / 1 Pc : 3 Ps : 5 Kpr /
…….

Plesteran Dinding : Diplester / Tidak Diplester /
……

Tebal Dinding : ……m

Tinggi Dinding : ……m

Panjang Dinding : ……m

Sket Gambar :
Panjang Dinding Total (P) = ……m2

Pengurangan Luasan Dinding (A-):

Pintu : …… m x …… m x …… bh = …… m2

Jendela : …… m x …… m x …… bh = …… m2

Bovenligt : …… m x …… m x …… bh = …… m2

Lain - Lain : …… m x …… m x …… bh = …… m2

Luas dinding Total (A) : h x (P - A-)

=.....=.....m2

C.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada dinding rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Apakah terjadi retakan pada dinding rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Rata - rata lebar retakan : …….cm

Panjang retakan : …….m

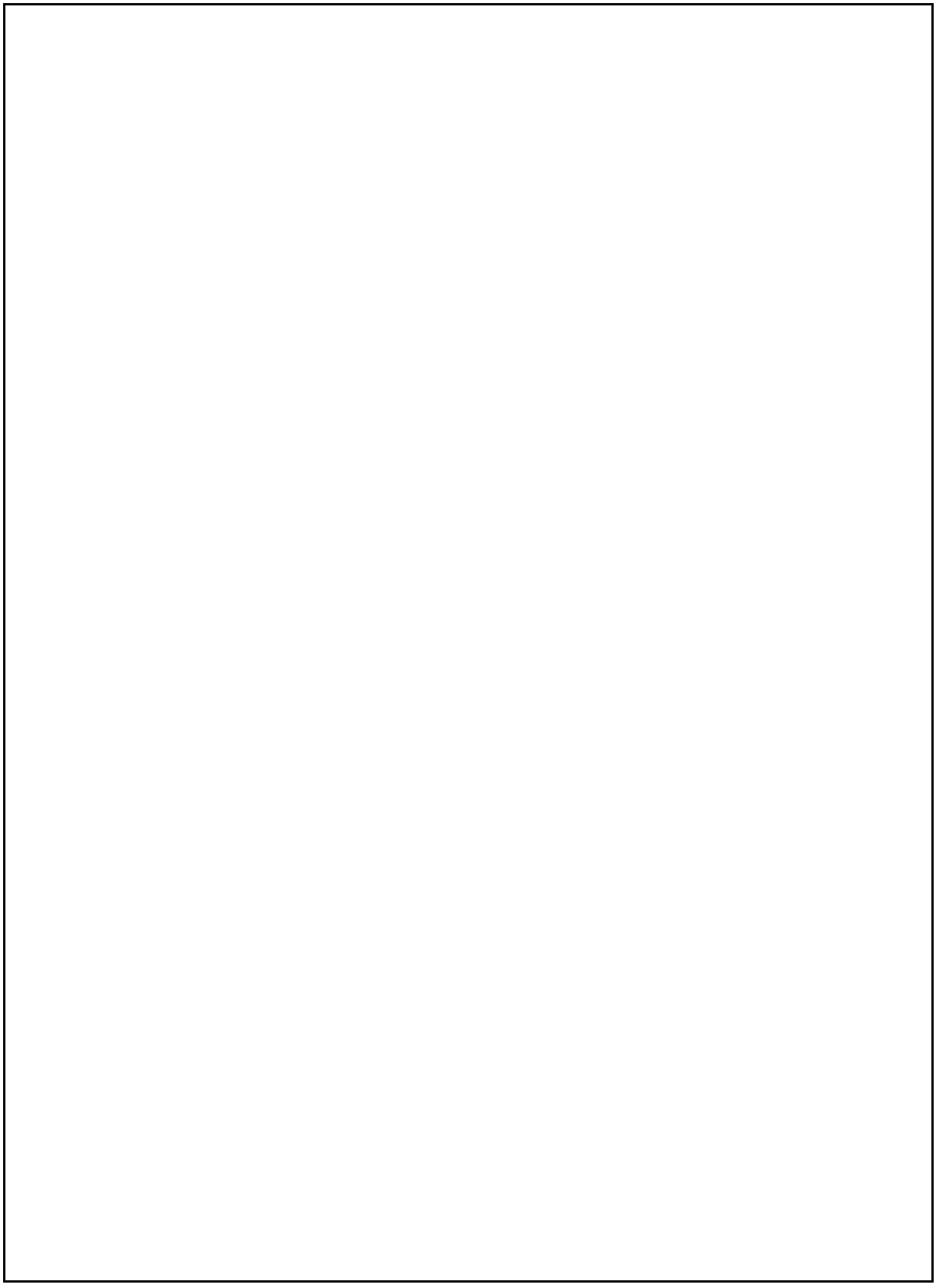
apakah dinding rumah ada yang miring ? YA ☐ TIDAK ☐

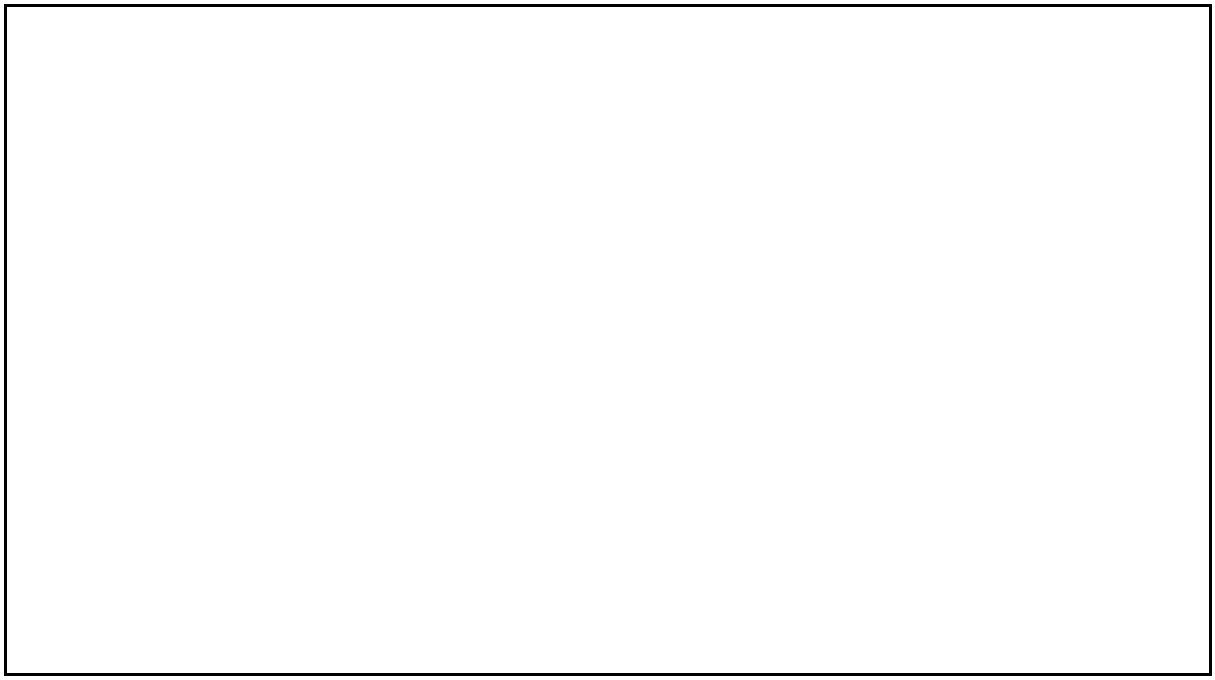
Luas dinding yang miring : …….m2

Apakah dinding rumah ada yang roboh ?

Luas dinding yang roboh : …….m2 YA ☐ TIDAK ☐

Sket Gambar Kerusakan Dinding :





D. GUNUNGAN / GEWEL / SHOPI - SHOPI

D.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Gunungan : Batu Bata / Batako /
……..

Spesi Gunungan : 1Pc : Ps / 1Pc : 3Ps : 5 Kpr /
…….

Plesteran Gunungan : Diplester / Tidak Diplester /
……..

Tebal Gunungan : ½ bata / 1 bata /
……..

Tinggi Gunungan (h) : ……m

Lebar Gunungan (I) : ……m

Jumlah Gunungan (n) : …….bh

Luas Gunungan (A) : ……

Sket Gambar :

D.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah Terjadi Kerusakan Pada Gunungan Rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Apakah terjadi retakan pada gunungan rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Rata - rata lebar retakan : …….cm

Panjang retakan : …….m

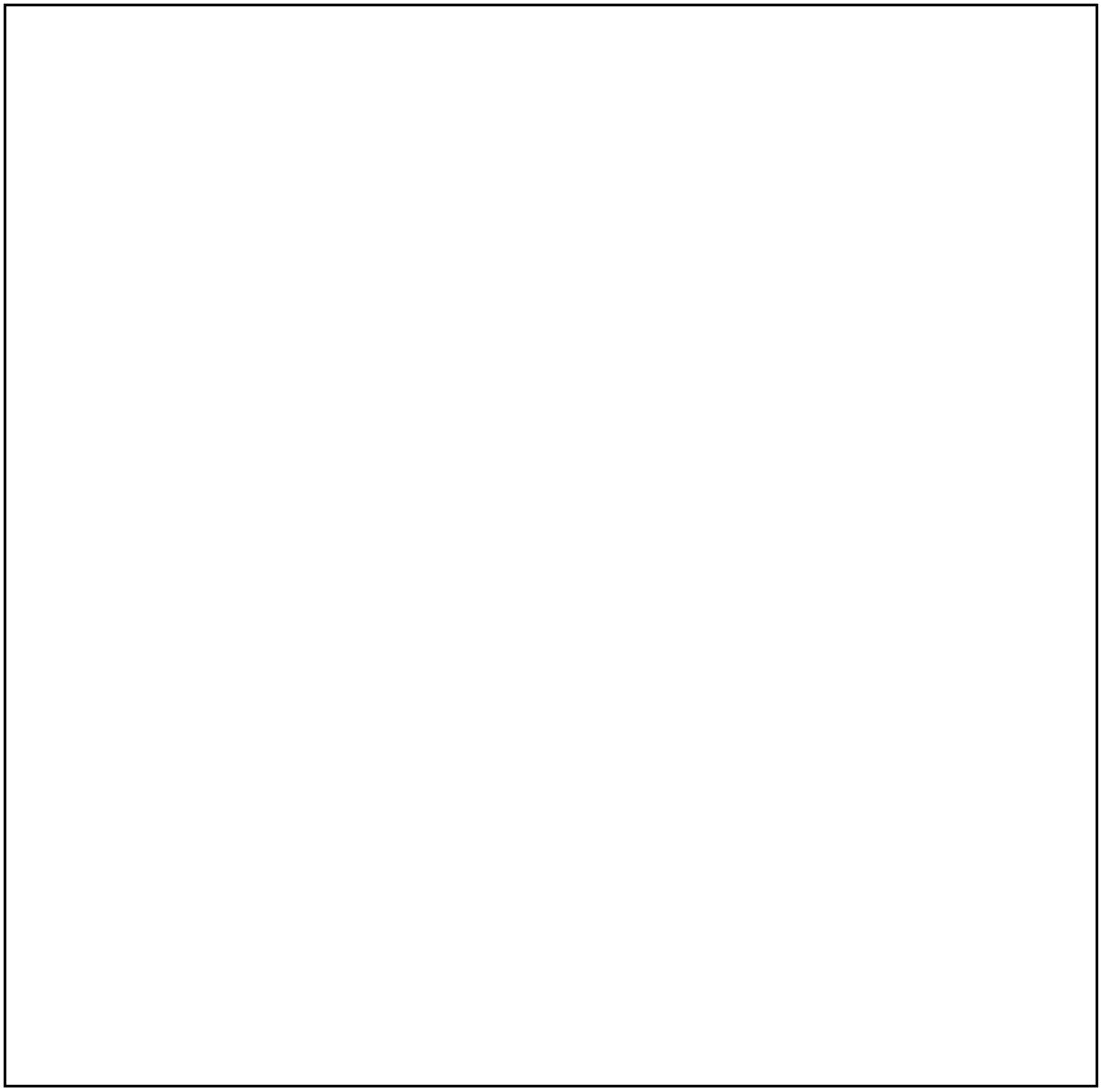
apakah gunungan rumah ada yang miring ? YA ☐ TIDAK ☐

Luas gunungan yang miring : …….m2

Apakah gunungan rumah ada yang roboh ?

Luas gunungan yang roboh : …….m2 YA ☐ TIDAK ☐

Sket Gambar Kerusakan Gunungan / Gewel / Shopi - shopi :



E . ATAP

E.1. DATA SEBELUM GEMPA

Penutup Atap : Genteng / Asbes /

……..

Usuk : Kayu Glugu / Kayu Kalimantan /

…….

Reng : Kayu Kalimantan / Bambu /

…….

Sket Gambar :

Luas Penutup Atap (P) : ……m2

E.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Atap Yang Rusak :

Sket Gambar :

Luas Penutup Atap (P) : ……m2

F. RANGKA ATAP (KUDA - KUDA, GORDING, MURPLAT, DLL)

F.1. DATA SEBELUM GEMPA

Lebar Bentang :
……

Jenis Kayu : Kayu Glugu / Kayu Kalimantan /
……..

Ukuran Kayu : 8/12 / 6/12
/……

Panjang Gording + Murplat Total :
……

Sket Gambar :

Luas Penpanjang Total Kayu Kuda - Kuda (P1) : ……m2

Volume Kayu Kuda - Kuda : b x h x P1 :……..=.....m3

Panjang Total Kayu Gording + Murplat (P2) : ……..m2

Volume Kayu Gording + Murplat : b x h x P2 :……..=.....m3

F.2. DATA SETELAH GEMPA

Volume Rangka Atap Yang Rumah

Sket Gambar :

Luas Penpanjang Total Kayu Kuda - Kuda (P1) : ……m2

Volume Kayu Kuda - Kuda : b x h x P1 : ……..=.....m3

Panjang Kayu gording + murplat (P2) Rusak : ……m

Volume Kayu Gording + Murplat Rusak : b x h x P2 : …….=.....m3

G. PLAFOND / LANGIT - LANGIT

G.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan plafond : Eternit Asbes / Gipsum /
……

Kayu Rangka Plafond : Kayu Glugu / Kayu Kalimantan
/……

Sket Gambar :

Luas Plafond Total(A) : ……m2

G.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Plafon / Langit - Langit Yang Rusak :

Sket Gambar :

Luas Plafond Rusak (Ar) : ……m2

H. LANTAI

H.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Lantai : Plesteran / Tegel / Keramik /

……

Luas Lantai :

Sket Gambar :

Luas Lantai Total (A) : ……m2

H.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Lantai Rusak :

Sket Gambar :

Luas Lantai Rusak (Ar) : ……m2

I. KUSEN, PINTU, DAN JENDELA

I.1. DATA SEBELUM GEMPA

KUSEN

Kayu Kusen : Jati / Kalimantan /

Ukuran Kusen (b/h) : 6/10 / 5/7 /……

Ukuran Kusen Pintu : ……

Jumlah Kusen pintu :…… b/h

Ukuran Kusen jendela : ……

Jumlah Kusen Jendela :…… b/h

Panjang Total (p) : ……..m

Volume Kusen (V) : P x b x h :

…….=.....m3

PINTU

Kayu Pintu : Jati / kalimatan /

……

Ukuran Pintu : 80 / 200 /

……

Jenis Pintu : Panil Kayu / Panil Kaca /

…….

Jumlah Pintu : …….bh

JENDELA

Kayu Jendela : Jati / kalimatan /

……

Ukuran Jendela : 80 / 200 /

……

Jenis Jendela : Panil Kayu / Panil Kaca /

…….

Jumlah Jendela : …….bh

Sket Gambar :

I.2. DATA SESUDAH GEMPA

Apakah Terjadi Kerusakan Pada Kusen Pintu ? YA ☐ TIDAK ☐

Berapakah jumlah kusen pintu yang rusak = ……..bh

Apakah Terjadi Kerusakan Pada Kusen jendela rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Berapakah jumlah kusen pintu yang rusak =……bh

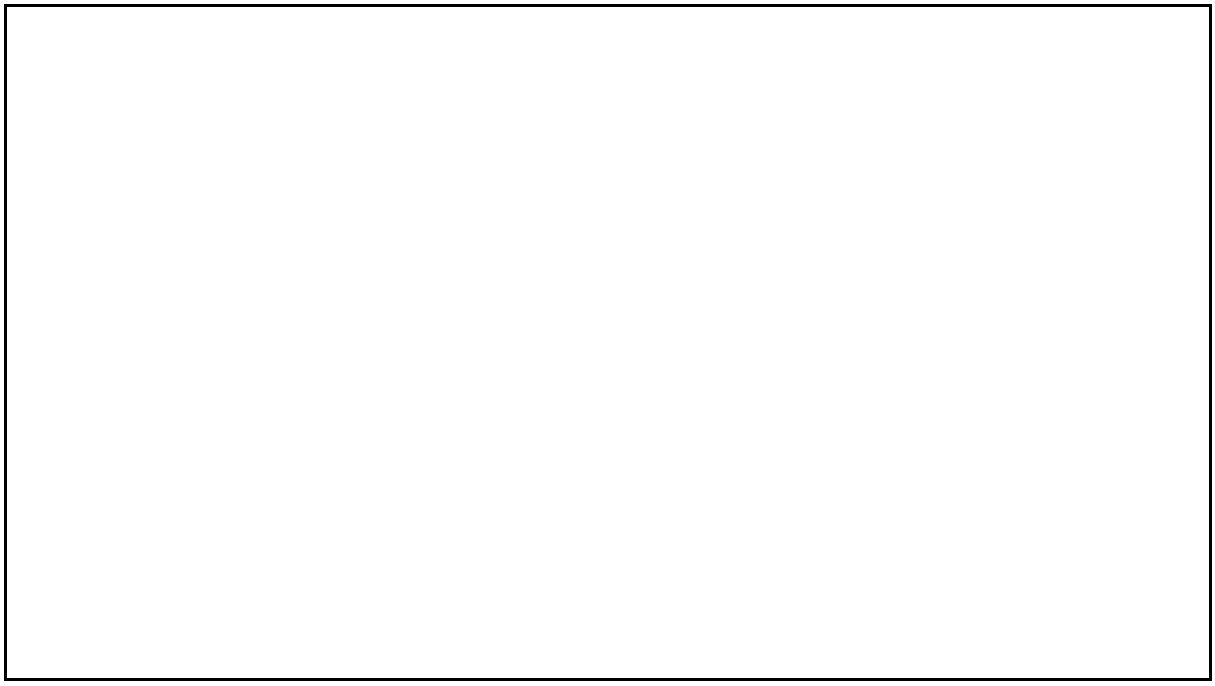
Apakah Terjadi Kerusakan Pada Kusen Pintu ? YA ☐ TIDAK ☐

Berapakah jumlah kusen pintu yang rusak =…….bh

Apakah terjadi kerusakan pada Jendela rumah ? YA ☐ TIDAK ☐

Berapakah jumlah jendela rumah yang rusak = ……bh

Sket Gambar Kerusakan Kusen,Pintu, dan jendela :



Lampiran 4 : Intensitas MMI dan Ploting Persamaan Trinufac & Brady (1975) dan Newmann (1954)

No	Y (Latitude)	X (Longitude)	Intensitas (MMI)	Trifunac & Brady (1975) Log (ah) = 0,35 Imm - 0,435	Newmann (1954) Log (ah) = 0,308 Imm - 0,041
1	119,844	-0,887	9	574,608	518,800
2	119,852	-0,888	9	574,608	518,800
3	119,861	-0,889	9	574,608	518,800
4	119,847	-0,894	9	574,608	518,800
5	119,862	-0,894	9	574,608	518,800
6	119,862	-0,894	9	574,608	518,800
7	119,849	-0,897	9	574,608	518,800
8	119,864	-0,901	9	574,608	518,800
9	119,866	-0,895	9	574,608	518,800
10	119,863	-0,888	9	574,608	518,800
11	119,871	-0,882	9	574,608	518,800
12	119,866	-0,893	9	574,608	518,800
13	119,873	-0,891	9	574,608	518,800
14	119,876	-0,887	9	574,608	518,800
15	119,874	-0,895	9	574,608	518,800
16	119,877	-0,884	9	574,608	518,800
17	119,868	-0,904	9	574,608	518,800
18	119,868	-0,913	9	574,608	518,800
19	119,858	-0,906	9	574,608	518,800
20	119,863	-0,910	9	574,608	518,800
21	119,863	-0,915	9	574,608	518,800
22	119,852	-0,932	9	574,608	518,800
23	119,847	-0,910	9	574,608	518,800

24	119,840	-0,922	9	574,608	518,800
25	119,871	-0,900	9	574,608	518,800
26	119,886	-0,899	9	574,608	518,800
27	119,872	-0,909	9	574,608	518,800
28	119,863	-0,917	9	574,608	518,800
29	119,865	-0,924	9	574,608	518,800
30	119,883	-0,915	9	574,608	518,800
31	119,850	-0,899	9	574,608	518,800
32	119,842	-0,889	9	574,608	518,800
33	119,840	-0,902	9	574,608	518,800
34	119,840	-0,890	9	574,608	518,800
35	119,875	-0,881	9	574,608	518,800
36	119,880	-0,862	9	574,608	518,800
37	119,883	-0,849	9	574,608	518,800
38	119,885	-0,817	9	574,608	518,800
39	119,889	-0,884	9	574,608	518,800
40	119,889	-0,858	9	574,608	518,800
41	119,890	-0,844	9	574,608	518,800
42	119,890	-0,815	9	574,608	518,800
43	119,882	-0,813	9	574,608	518,800
44	119,881	-0,801	9	574,608	518,800
45	119,867	-0,789	9	574,608	518,800
46	119,863	-0,752	9	574,608	518,800
47	119,861	-0,765	9	574,608	518,800
48	119,861	-0,783	9	574,608	518,800
49	119,873	-0,753	9	574,608	518,800
50	119,871	-0,770	9	574,608	518,800
51	119,878	-0,781	9	574,608	518,800
52	119,887	-0,798	9	574,608	518,800

53	119,861	-0,747	9	574,608	518,800
54	119,858	-0,733	9	574,608	518,800
55	119,865	-0,714	9	574,608	518,800
56	119,853	-0,702	9	574,608	518,800
57	119,837	-0,689	9	574,608	518,800
58	119,832	-0,687	9	574,608	518,800
59	119,820	-0,670	9	574,608	518,800
60	119,813	-0,656	9	574,608	518,800
61	119,812	-0,646	9	574,608	518,800
62	119,817	-0,630	9	574,608	518,800
63	119,798	-0,600	9	574,608	518,800
64	119,784	-0,543	9	574,608	518,800
65	119,772	-0,521	9	574,608	518,800
66	119,767	-0,504	9	574,608	518,800
67	119,762	-0,494	9	574,608	518,800
68	119,768	-0,491	9	574,608	518,800
69	119,765	-0,479	9	574,608	518,800
70	119,763	-0,454	9	574,608	518,800
71	119,765	-0,398	9	574,608	518,800
72	119,758	-0,381	9	574,608	518,800
73	119,757	-0,377	9	574,608	518,800
74	119,760	-0,359	9	574,608	518,800
75	119,766	-0,337	9	574,608	518,800
76	119,775	-0,310	9	574,608	518,800
77	119,777	-0,291	9	574,608	518,800
78	119,781	-0,322	9	574,608	518,800
79	119,765	-0,371	9	574,608	518,800
80	119,806	-0,153	9	574,608	518,800
81	119,803	-0,165	9	574,608	518,800

82	119,818	-0,176	9	574,608	518,800
83	119,817	-0,182	9	574,608	518,800
84	119,833	-0,184	9	574,608	518,800
85	119,819	-0,188	9	574,608	518,800
86	119,810	-0,212	9	574,608	518,800
87	119,796	-0,254	9	574,608	518,800
88	119,796	-0,266	9	574,608	518,800
89	119,798	-0,244	9	574,608	518,800
90	119,802	-0,158	9	574,608	518,800
91	119,826	-0,153	9	574,608	518,800
92	119,796	-0,110	9	574,608	518,800
93	119,803	-0,125	9	574,608	518,800
94	119,820	-0,118	9	574,608	518,800
95	119,804	-0,111	9	574,608	518,800
96	119,811	-0,111	9	574,608	518,800
97	119,830	-0,132	9	574,608	518,800
98	119,852	-0,126	9	574,608	518,800
99	119,828	-0,112	9	574,608	518,800
100	119,850	-0,105	9	574,608	518,800
101	119,864	-0,929	9	574,608	518,800
102	119,876	-0,928	9	574,608	518,800
103	119,866	-0,939	9	574,608	518,800
104	119,876	-0,947	9	574,608	518,800
105	119,873	-0,951	9	574,608	518,800
106	119,850	-0,947	9	574,608	518,800
107	119,863	-1,007	9	574,608	518,800
108	119,843	-0,987	9	574,608	518,800
109	119,850	-0,958	9	574,608	518,800
110	119,877	-0,978	9	574,608	518,800

111	119,897	-0,983	9	574,608	518,800
112	119,909	-1,043	9	574,608	518,800
113	119,875	-0,999	9	574,608	518,800
114	119,905	-1,007	9	574,608	518,800
115	119,897	-0,990	9	574,608	518,800
116	119,886	-1,033	9	574,608	518,800
117	119,888	-0,941	9	574,608	518,800
118	119,891	-0,956	9	574,608	518,800
119	119,882	-0,965	9	574,608	518,800
120	119,905	-0,951	9	574,608	518,800
121	119,906	-0,974	9	574,608	518,800
122	119,898	-0,957	9	574,608	518,800
123	119,912	-1,102	9	574,608	518,800
124	119,901	-1,067	9	574,608	518,800
125	119,951	-1,035	9	574,608	518,800
126	119,932	-1,017	9	574,608	518,800
127	119,945	-0,987	9	574,608	518,800
128	119,945	-0,956	9	574,608	518,800
129	119,913	-1,083	9	574,608	518,800
130	119,862	-1,023	9	574,608	518,800
131	119,875	-1,102	9	574,608	518,800
132	119,862	-1,068	9	574,608	518,800
133	119,864	-1,050	9	574,608	518,800
134	119,882	-1,051	9	574,608	518,800
135	119,837	-1,025	9	574,608	518,800
136	119,866	-1,015	9	574,608	518,800
137	119,876	-1,033	9	574,608	518,800
138	119,855	-1,035	9	574,608	518,800
139	119,873	-1,114	9	574,608	518,800

140	119,893	-1,133	9	574,608	518,800
141	119,875	-1,132	9	574,608	518,800
142	119,937	-1,257	9	574,608	518,800
143	119,888	-1,188	9	574,608	518,800
144	119,902	-1,166	9	574,608	518,800
145	119,886	-1,148	9	574,608	518,800
146	119,911	-1,119	9	574,608	518,800
147	119,922	-1,121	9	574,608	518,800
148	119,930	-1,165	9	574,608	518,800
149	119,939	-1,146	9	574,608	518,800
150	119,906	-1,144	9	574,608	518,800
151	119,926	-1,132	9	574,608	518,800
152	119,935	-1,184	9	574,608	518,800
153	119,958	-1,225	9	574,608	518,800
154	119,953	-1,326	9	574,608	518,800
155	119,949	-1,302	9	574,608	518,800
156	119,936	-1,175	9	574,608	518,800
157	119,950	-1,280	9	574,608	518,800
158	119,975	-1,385	9	574,608	518,800
159	119,988	-1,454	9	574,608	518,800
160	120,032	-1,510	9	574,608	518,800
161	119,965	-1,551	9	574,608	518,800
162	119,862	-0,784	9	574,608	518,800
163	119,852	-0,905	9	574,608	518,800
164	119,881	-0,993	9	574,608	518,800
165	119,852	-1,147	9	574,608	518,800
166	119,847	-1,285	9	574,608	518,800
167	119,883	-1,407	9	574,608	518,800
168	119,961	-1,307	9	574,608	518,800

169	119,973	-1,307	9	574,608	518,800
170	119,945	-1,128	9	574,608	518,800
171	119,933	-0,912	9	574,608	518,800
172	119,897	-0,793	9	574,608	518,800
173	119,824	-0,645	9	574,608	518,800
174	119,788	-0,489	9	574,608	518,800
175	119,776	-0,404	9	574,608	518,800
176	119,786	-0,326	9	574,608	518,800
177	119,820	-0,235	9	574,608	518,800
178	119,837	-0,158	9	574,608	518,800
179	119,876	-0,082	9	574,608	518,800
180	119,839	-0,885	9	574,608	518,800
181	119,839	-0,903	9	574,608	518,800
182	119,839	-0,925	9	574,608	518,800
183	119,842	-0,943	9	574,608	518,800
184	119,847	-0,970	9	574,608	518,800
185	119,845	-1,002	9	574,608	518,800
186	119,833	-1,023	9	574,608	518,800
187	119,850	-1,036	9	574,608	518,800
188	119,857	-1,061	9	574,608	518,800
189	119,865	-1,080	9	574,608	518,800
190	119,875	-1,109	9	574,608	518,800
191	119,907	-1,062	9	574,608	518,800
192	119,922	-1,042	9	574,608	518,800
193	119,971	-1,019	9	574,608	518,800
194	119,957	-0,982	9	574,608	518,800
195	119,953	-0,952	9	574,608	518,800
196	119,945	-0,916	9	574,608	518,800
197	119,931	-0,907	9	574,608	518,800

198	119,895	-0,862	9	574,608	518,800
199	119,895	-0,842	9	574,608	518,800
200	119,892	-0,811	9	574,608	518,800
201	119,874	-0,793	9	574,608	518,800
202	119,862	-0,757	9	574,608	518,800
203	119,867	-0,729	9	574,608	518,800
204	119,852	-0,693	9	574,608	518,800
205	119,832	-0,661	9	574,608	518,800
206	119,773	-0,775	8,8	498,623	441,570
207	119,800	-0,799	8,7	464,485	407,380
208	119,788	-0,765	8,7	464,485	407,380
209	119,775	-0,758	8,7	464,485	407,380
210	119,756	-0,710	8,7	464,485	407,380
211	119,729	-0,708	8,7	464,485	407,380
212	119,740	-0,672	8,7	464,485	407,380
213	119,723	-0,668	8,7	464,485	407,380
214	119,710	-0,704	8,7	464,485	407,380
215	119,820	-0,880	8,7	464,485	407,380
216	119,815	-0,876	8,7	464,485	407,380
217	119,822	-0,894	8,7	464,485	407,380
218	119,829	-0,908	8,7	464,485	407,380
219	119,823	-0,929	8,7	464,485	407,380
220	119,842	-0,956	8,7	464,485	407,380
221	119,831	-0,946	8,7	464,485	407,380
222	119,794	-0,951	8,7	464,485	407,380
223	119,782	-0,970	8,7	464,485	407,380
224	119,757	-0,930	8,7	464,485	407,380
225	120,041	-1,360	8,7	464,485	407,380
226	119,919	-0,933	8,4	375,467	319,890

227	119,805	-0,805	8,4	375,467	319,890
228	119,808	-0,817	8,4	375,467	319,890
229	119,812	-0,834	8,4	375,467	319,890
230	119,828	-0,902	8,4	375,467	319,890
231	119,933	-0,942	8,3	349,761	295,121
232	119,916	-0,926	8,3	349,761	295,121
233	119,887	-0,930	8,3	349,761	295,121
234	119,912	-0,942	8,3	349,761	295,121
235	119,901	-0,924	8,3	349,761	295,121
236	119,835	-0,907	8	282,730	231,739
237	119,839	-0,904	8	282,730	231,739
238	119,850	-0,902	8	282,730	231,739
239	119,849	-0,907	8	282,730	231,739
240	119,833	-0,905	8	282,730	231,739
241	119,886	-0,896	8	282,730	231,739
242	119,878	-0,895	8	282,730	231,739
243	119,880	-0,889	8	282,730	231,739
244	119,877	-0,889	8	282,730	231,739
245	119,840	-0,911	8	282,730	231,739
246	119,830	-0,917	8	282,730	231,739
247	119,839	-0,937	8	282,730	231,739
248	119,832	-0,939	8	282,730	231,739
249	119,839	-0,929	8	282,730	231,739
250	119,836	-0,919	8	282,730	231,739
251	119,929	-0,924	8	282,730	231,739
252	119,836	-0,902	8	282,730	231,739
253	119,818	-0,872	8	282,730	231,739
254	119,787	-0,861	8	282,730	231,739
255	119,797	-0,829	8	282,730	231,739

256	119,925	-0,911	8	282,730	231,739
257	119,898	-0,810	8	282,730	231,739
258	119,897	-0,835	8	282,730	231,739
259	119,901	-0,842	8	282,730	231,739
260	119,899	-0,891	8	282,730	231,739
261	119,918	-0,818	8	282,730	231,739
262	119,912	-0,843	8	282,730	231,739
263	119,945	-0,862	8	282,730	231,739
264	119,953	-0,888	8	282,730	231,739
265	119,884	-0,747	8	282,730	231,739
266	119,876	-0,764	8	282,730	231,739
267	119,888	-0,783	8	282,730	231,739
268	119,900	-0,797	8	282,730	231,739
269	119,911	-0,777	8	282,730	231,739
270	119,914	-0,796	8	282,730	231,739
271	119,869	-0,740	8	282,730	231,739
272	119,875	-0,733	8	282,730	231,739
273	119,883	-0,712	8	282,730	231,739
274	119,861	-0,696	8	282,730	231,739
275	119,858	-0,681	8	282,730	231,739
276	119,847	-0,667	8	282,730	231,739
277	119,848	-0,678	8	282,730	231,739
278	119,873	-0,667	8	282,730	231,739
279	119,867	-0,690	8	282,730	231,739
280	119,900	-0,691	8	282,730	231,739
281	119,890	-0,741	8	282,730	231,739
282	119,858	-0,626	8	282,730	231,739
283	119,853	-0,641	8	282,730	231,739
284	119,866	-0,654	8	282,730	231,739

285	119,840	-0,678	8	282,730	231,739
286	119,834	-0,674	8	282,730	231,739
287	119,840	-0,658	8	282,730	231,739
288	119,840	-0,642	8	282,730	231,739
289	119,809	-0,598	8	282,730	231,739
290	119,805	-0,585	8	282,730	231,739
291	119,796	-0,539	8	282,730	231,739
292	119,782	-0,519	8	282,730	231,739
293	119,839	-0,591	8	282,730	231,739
294	119,829	-0,572	8	282,730	231,739
295	119,842	-0,561	8	282,730	231,739
296	119,769	-0,437	8	282,730	231,739
297	119,769	-0,447	8	282,730	231,739
298	119,772	-0,426	8	282,730	231,739
299	119,807	-0,422	8	282,730	231,739
300	119,801	-0,404	8	282,730	231,739
301	119,797	-0,422	8	282,730	231,739
302	119,811	-0,425	8	282,730	231,739
303	119,794	-0,367	8	282,730	231,739
304	119,791	-0,346	8	282,730	231,739
305	119,815	-0,253	8	282,730	231,739
306	119,828	-0,235	8	282,730	231,739
307	119,833	-0,225	8	282,730	231,739
308	119,836	-0,219	8	282,730	231,739
309	119,834	-0,184	8	282,730	231,739
310	119,855	-0,074	8	282,730	231,739
311	119,880	-0,050	8	282,730	231,739
312	119,901	-0,069	8	282,730	231,739
313	119,903	-0,019	8	282,730	231,739

314	119,884	0,043	8	282,730	231,739
315	119,887	0,113	8	282,730	231,739
316	119,866	0,115	8	282,730	231,739
317	119,764	-0,107	8	282,730	231,739
318	119,756	-0,133	8	282,730	231,739
319	119,690	-0,122	8	282,730	231,739
320	119,748	-0,074	8	282,730	231,739
321	120,010	-0,101	7,7	228,545	181,970
322	120,025	-0,076	7,7	228,545	181,970
323	120,014	-0,161	7,7	228,545	181,970
324	119,993	-0,243	7,7	228,545	181,970
325	119,967	0,014	7,7	228,545	181,970
326	119,990	0,072	7,7	228,545	181,970
327	120,065	0,147	7,7	228,545	181,970
328	120,130	-1,332	7,7	228,545	181,970
329	119,654	-0,960	7,5	198,323	154,882
330	119,889	-1,006	7,5	198,323	154,882
331	119,976	-1,084	7,5	198,323	154,882
332	120,018	-1,122	7,5	198,323	154,882
333	120,017	-1,121	7,5	198,323	154,882
334	120,058	-0,772	7,5	198,323	154,882
335	120,045	-0,794	7,5	198,323	154,882
336	120,088	-0,761	7,5	198,323	154,882
337	119,962	-0,544	7,5	198,323	154,882
338	120,015	-0,575	7,5	198,323	154,882
339	119,980	-0,483	7,5	198,323	154,882
340	119,994	-0,447	7,5	198,323	154,882
341	119,973	-0,362	7,5	198,323	154,882
342	119,680	-0,103	7,3	172,096	131,826

343	119,634	-0,048	7,3	172,096	131,826
344	119,668	-0,023	7,3	172,096	131,826
345	119,736	-0,797	7,3	172,096	131,826
346	119,719	-0,775	7,3	172,096	131,826
347	119,717	-0,757	7,3	172,096	131,826
348	119,714	-0,737	7,3	172,096	131,826
349	120,011	-0,726	7	139,114	103,514
350	119,937	-0,793	7	139,114	103,514
351	119,947	-0,719	7	139,114	103,514
352	119,955	-0,645	7	139,114	103,514
353	119,784	0,205	7	139,114	103,514
354	119,836	0,214	7	139,114	103,514
355	119,848	0,157	7	139,114	103,514
356	119,930	0,169	7	139,114	103,514
357	119,631	-0,014	7	139,114	103,514
358	119,715	-0,044	7	139,114	103,514
359	119,823	-0,972	7	139,114	103,514
360	119,832	-0,962	7	139,114	103,514
361	119,767	-1,000	7	139,114	103,514
362	119,765	-0,971	7	139,114	103,514
363	119,716	-0,982	7	139,114	103,514
364	119,699	-1,010	7	139,114	103,514
365	119,696	-0,942	7	139,114	103,514
366	119,987	-0,385	7	139,114	103,514
367	119,970	-0,319	7	139,114	103,514
368	119,955	-0,125	7	139,114	103,514
369	119,985	-0,623	7	139,114	103,514
370	119,971	-0,163	7	139,114	103,514
371	119,993	-0,110	7	139,114	103,514

372	120,014	-0,488	6,8	120,718	88,105
373	120,044	-0,415	6,8	120,718	88,105
374	120,002	-0,267	6,8	120,718	88,105
375	120,029	-0,370	6,8	120,718	88,105
376	120,043	-0,044	6,8	120,718	88,105
377	120,090	0,031	6,8	120,718	88,105
378	120,111	0,198	6,8	120,718	88,105
379	120,358	-1,023	6,5	97,583	69,183
380	120,342	-0,970	6,5	97,583	69,183
381	120,272	-0,962	6,5	97,583	69,183
382	120,245	-0,937	6,5	97,583	69,183
383	120,225	-0,886	6,5	97,583	69,183
384	120,136	-0,884	6,5	97,583	69,183
385	120,195	-0,963	6,5	97,583	69,183
386	120,176	-0,826	6,5	97,583	69,183
387	120,164	-0,814	6,5	97,583	69,183
388	120,154	-0,786	6,5	97,583	69,183
389	119,684	-0,811	6,25	81,728	56,559
390	119,627	-0,811	6,25	81,728	56,559
391	119,697	-0,844	6,25	81,728	56,559
392	119,598	-0,861	6,25	81,728	56,559
393	119,603	-0,910	6,25	81,728	56,559
394	119,606	-0,946	6,25	81,728	56,559
395	119,901	0,259	6	68,450	46,238
396	119,899	0,272	6	68,450	46,238
397	119,670	-0,706	6	68,450	46,238
398	119,673	-0,717	6	68,450	46,238
399	119,680	-0,727	6	68,450	46,238
400	119,691	-0,734	6	68,450	46,238

401	119,681	-0,769	6	68,450	46,238
402	119,657	-0,783	6	68,450	46,238
403	119,654	-1,103	6	68,450	46,238
404	119,684	-1,104	6	68,450	46,238
405	119,756	-1,113	6	68,450	46,238
406	119,672	-1,114	6	68,450	46,238
407	120,080	-1,122	6	68,450	46,238
408	120,059	-1,194	6	68,450	46,238
409	120,363	-0,957	6	68,450	46,238
410	120,136	-0,809	6	68,450	46,238
411	120,162	-0,835	6	68,450	46,238
412	120,111	-0,812	6	68,450	46,238
413	120,138	-0,856	6	68,450	46,238
414	120,120	-0,782	6	68,450	46,238
415	120,111	-0,747	6	68,450	46,238
416	120,042	-0,533	6	68,450	46,238
417	120,057	-0,619	6	68,450	46,238
418	120,052	-0,579	6	68,450	46,238
419	120,502	-1,007	5,8	59,398	39,355
420	120,302	-1,027	5,8	59,398	39,355
421	120,126	0,148	5,8	59,398	39,355
422	120,089	0,162	5,8	59,398	39,355
423	120,237	0,363	5,8	59,398	39,355
424	120,234	0,364	5,8	59,398	39,355
425	120,159	0,297	5,8	59,398	39,355
426	119,528	-1,333	5,3	41,665	26,303
427	119,477	-1,387	5,3	41,665	26,303
428	119,533	-1,331	5,3	41,665	26,303
429	119,462	-1,356	5,3	41,665	26,303

430	120,189	-1,239	5,3	41,665	26,303
431	120,160	-1,173	5,3	41,665	26,303
432	119,899	0,306	5	33,680	20,654
433	119,912	0,351	5	33,680	20,654
434	119,613	-1,199	5	33,680	20,654
435	119,633	-1,324	5	33,680	20,654
436	119,557	-1,402	5	33,680	20,654
437	120,090	-1,175	5	33,680	20,654
438	120,145	-1,195	5	33,680	20,654
439	120,111	-1,177	5	33,680	20,654
440	120,093	-1,189	5	33,680	20,654
441	120,559	-1,098	5	33,680	20,654
442	120,535	-1,074	5	33,680	20,654
443	120,502	-1,049	5	33,680	20,654
444	120,270	-1,292	4,7	27,225	16,218
445	120,302	-1,403	4,7	27,225	16,218
446	120,318	-1,475	4,7	27,225	16,218
447	120,605	-1,355	4,55	24,478	14,371
448	120,273	0,400	4,55	24,478	14,371
449	120,239	0,347	4,55	24,478	14,371
450	120,288	0,486	4,55	24,478	14,371
451	120,066	0,704	4,4	22,008	12,735
452	120,089	0,736	4,4	22,008	12,735
453	120,133	0,715	4,4	22,008	12,735
454	120,133	0,743	4,4	22,008	12,735
455	120,422	-0,962	4,4	22,008	12,735
456	120,427	-1,023	4,4	22,008	12,735
457	120,209	0,494	4,4	22,008	12,735
458	119,876	0,378	4	16,572	9,226

459	119,921	0,391	4	16,572	9,226
460	119,891	0,408	4	16,572	9,226
461	119,881	0,433	4	16,572	9,226
462	120,101	0,643	4	16,572	9,226
463	120,029	0,493	4	16,572	9,226
464	120,063	0,591	4	16,572	9,226
465	120,032	0,672	4	16,572	9,226
466	120,566	-1,168	4	16,572	9,226
467	120,570	-1,266	4	16,572	9,226
468	120,298	-1,644	3,8	14,380	7,852
469	120,661	-1,652	3,8	14,380	7,852
470	120,595	-1,777	3,8	14,380	7,852
471	120,626	-1,576	3,6	12,479	6,683
472	120,254	-1,728	3,6	12,479	6,683
473	120,634	-1,492	3,4	10,829	5,689
474	120,437	0,486	3,3	10,087	5,248
475	120,358	0,497	3,3	10,087	5,248
476	120,373	0,491	3,3	10,087	5,248
477	119,846	-1,680	3	8,154	4,121
478	119,908	-1,733	3	8,154	4,121
479	120,416	0,520	3	8,154	4,121
480	120,495	0,510	3	8,154	4,121
481	120,248	-1,910	2,5	5,720	2,754
482	120,797	-1,907	2,5	5,720	2,754
483	120,027	-1,795	2	4,012	1,841
484	119,962	-1,901	2	4,012	1,841
485	120,252	-1,898	2	4,012	1,841
486	120,908	-1,920	2	4,012	1,841

Lampiran 5 : Contoh perhitungan Volume dan Biaya kerusakan rumah

NAMA PEMILIK **PAK RIYADI**

LOKASI **PALU SELATAN**

TINGKAT KERUSAKAN **BERAT**

No	Uraian Pekerjaan	Volume Sebelum Rusak	volume kerusakan	satuan	Harga Satuan	NILAI SEBELUM RUSAK (REPLACEMENT VALUE)	BOBOT (%)	NILAI RUSAK (COST OF DAMAGE)	PERSENTASE KERUSAKAN TERHADAP ITEM PEKERJAAN	PERSENTASE KERUSAKAN TERHADAP AWAL
					(Rp)	(Rp)		(Rp)		
1	pondasi batu belah	15,5	0	m3	Rp 704.501	Rp 10.919.762	10,01	Rp -	0,00	
2	penutup atap genteng	25,5	25,5	m2	Rp 167.875	Rp 4.280.813	3,92	Rp 4.280.813	100,00	3,92
3	kaca polos	2,4	2,4	m2	Rp 152.625	Rp 366.300	0,34	Rp 366.300	100,00	0,34
4	lantai keramik 30 x 30	30,5	14,4	m2	Rp 204.418	Rp 6.234.749	5,71	Rp 2.943.619	47,21	2,70
5	kusen kayu jati	0,35	0,35	m3	Rp 26.630.538	Rp 9.320.688	8,54	Rp 9.320.688	100,00	8,54
6	pintu kayu jati	9,6	9,6	m3	Rp 1.055.753	Rp 10.135.224	9,29	Rp 10.135.224	100,00	9,29
7	jendela kayu jati	2,4	2,4	m3	Rp 1.055.753	Rp 2.533.806	2,32	Rp 2.533.806	100,00	2,32
8	rangka atap usuk kayu jati	25,5	25,5	m2	Rp 27.649	Rp 705.045	0,65	Rp 705.045	100,00	0,65
9	kuda - kuda dan gording	1,24	1,24	m3	Rp 27.266.775	Rp 33.810.801	30,98	Rp 33.810.801	100,00	30,98
10	bouven kayu	0,09	0,09	m2	Rp 350.500	Rp 31.545	0,03	Rp 31.545	100,00	0,03
11	gunungan	0	0	m2	Rp 210.000	Rp -	0,00	-	0,00	0,00
12	keramik dinding	17,5	17,5	m2	Rp 230.939	Rp 4.041.427	3,70	Rp 4.041.427	100,00	3,70
13	dinding bata merah	54,13	54,13	m2	Rp 494.084	Rp 26.744.748	24,51	Rp 26.744.748	100,00	24,51
DAMAGE RATIO						**Rp 109.124.908**	**100**	**Rp 94.914.016**		86,98
						86,97740809				

Lampiran 6 : Jadwal Penelitian

L-5. 1 Jadwal Penelitian

BULAN	JAM KERJA	BOBOT (%)	MEI				JUNI				JULI				AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER			
MINGGU KE			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
KEGIATAN																										
Persiapan																										
Penyiapan Bahan	2	1,11%	2,00																							
Pembuatan Angket/Kuisioner dan Daftar Pertanyaan Wawancara	4	2,22%		2,00	2,00																					
Pengumpulan Data																										
Pembagian Angket/Kuisioner dan Wawancara ke lapangan	70	38,89%				10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00														
Rekapitulasi Data	14	7,78%				2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00														
Menganalisan Hasil Data Lapangan	8	4,44%											4,00	4,00												
Konsultasi	4	2,22%													2,00	2,00										
Pengolahan Data Dan Pembahasan																										
Input Data Dalam Software Arc -View GIS	8	4,44%													4,00	4,00										
Perhitungan Rasio Kerusakan bangunan dan Nilai Percepatan tanah	12	6,67%													4,00	4,00	4,00									
Pembuatan isoseismal, jumlah penduduk, kepadatan penduduk, dan Lainnya	36	20,00%															6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00				
Konsultasi	4	2,22%															2,00					2,00				
Penyusunan Laporan																										
Penyusunan Laporan	12	6,67%																					3,00	3,00	3,00	3,00
Konsultasi	6	3,33%																						2,00	2,00	2,00
	180	100%																								
			2,00	2,00	2,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	4,00	4,00	10,00	10,00	12,00	6,00	6,00	6,00	6,00	8,00	3,00	5,00	5,00	5,00
			2,00	4,00	6,00	18,00	30,00	42,00	54,00	66,00	78,00	90,00	94,00	98,00	108,00	118,00	130,00	136,00	142,00	148,00	154,00	162,00	165,00	170,00	175,00	180,00