

**ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG GEMPA SATU DIMENSI
UNTUK DAERAH JONO OGE, PALU, SULAWESI TENGAH**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

KHAIRUNNISA SITI MUBARRANI

NIM. 181137013

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2020**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Jakarta, 29 Juli 2019

Mahasiswa,



Khairunnisa Siti Mubarrani

NIM. 181137013

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Khairunnisa Siti Mubarrani
NIM : 181137013
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Perambatan Gelombang Gempa Satu Dimensi Untuk Daerah Jono Oge, Palu, Sulawesi Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ir. Mohamad Wahyono, M.T. ()

Pembimbing 2 : R. Nawang Sari, S.T., M.T ()

Ditetapkan di :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Khairunnisa Siti Mubarrani
NIM : 181137013
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Perambatan Gelombang Gempa Satu Dimensi Untuk Daerah Jono Oge, Palu, Sulawesi Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Ir. Soekatja, M. Eng

()

Penguji 2 : Ir. Prasetyo, MEM

()

Penguji 3 : Dedy Rutama, S.T.,M.T

()

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil di Universitas Global Jakarta. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. M. Wahyono, M.T. Selaku dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, mengoreksi serta memberikan saran-saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Ribut Nawang Sari, ST, MT. Selaku dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, mengoreksi serta memberikan saran-saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Nur Fauzi Soelaiman, M.Kom, Selaku Ketua Universitas Global Jakarta.
4. Bapak Ade Sunardi, ST, MT. Selaku PUKET I, Universitas Global Jakarta.
5. Ibu Ribut Nawang Sari, ST, MT. Selaku Ketua Prodi Universitas Global Jakarta.

Saya sebagai Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 31 Juli 2020

Penulis

Khairunnisa Siti Mubarrani

NPM. 181137013

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur ku panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wata'ala, karena atas segala rahmatnya, laporan ini dapat terselesaikan dengan baik sesuai waktu yang direncanakan. Semoga hamba senantiasa menjadi hamba yang selalu bersyukur atas segala nikmat-MU

Untuk Kedua Orangtua Ku

Terimakasih ibu dan ayah yang sudah mendoakan aku setiap sujudmu, Karena tanpa doa kalian aku tidak bisa jadi seperti ini. Semoga dari hasil selama ini aku dapat membahagiakan kalian berdua bukyah dan aku segera mendapatkan pendamping Ammin....

Untuk Kakak, Mba, dan Adik – Adik Ku

Makasih Mas angga udah selalu menjadi kakak yang luar biasa yang bisa menuntun adikmu sampai sekarang ini, dan terimakash untuk mbakku karena udah selalu sabar dengan sikap ku yang keras ini, dan gak pernah marahi aku, dan adiku semoga bisa mewujudkan mimpimu sampai S3 di Kairo, apa yang kamu inginkan segera tercapai, dan buat adiku paling krucil si pram-pram jadi anak yang soleh ya, selalu sayang sama mami, papi, mbah-mbah, dan ounthy, om-om nya yaaaaa. Amminn..

Untuk Teman-teman Ku

Terimakasih ya kalian selama ini mau membantu ku dalam keadaan ku lagi ribet atau pun tidak, dan terimakasih untuk teman-teman prodi lain dan univ lain yang selama ini mau menjadi teman sekaligus teman curhat saya, sekali lagi terimakasih ya atas support nya.

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khairunnisa Siti Mubarrani
NPM : 181137013
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG GEMPA SATU DIMENSI UNTUK DAERAH JONO OGE, PALU, SULAWESI TENGAH

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 29 Juli 2019

Yang menyatakan



Khairunnisa Siti Mubarrani

NIM. 181137013

ABSTRAK

Percepatan gempa maksimum di permukaan tanah, yang dikenal sebagai Peak Surface Acceleration (PSA), adalah hasil dari analisis respons dinamik tanah. PSA bersifat unik dan berbeda untuk setiap lokasi, karena sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah lokal dan data digitasi yang digunakan. Percepatan ini merupakan parameter penting dalam perencanaan struktur tahan gempa. Perambatan vertikal gelombang geser dari batuan dasar ke permukaan tanah, telah dilakukan dengan bantuan program komputer Equivalent Earthquake Response Analysis (EERA). EERA adalah implementasi dari teorema perambatan gelombang satu dimensi. Analisis respons dinamik tanah di kota Jono Oge, Sulawesi Tengah telah dilakukan sebagai studi kasus. Data tanah dikumpulkan dari hasil kegiatan soil investigasi yang pernah dilakukan di seluruh wilayah Jono Oge. Hasil konsistensi tanah berdasarkan data Bore Log yang diplot pada data tanah yang dimiliki, dapat diketahui keadaan tanah pada daerah Jono Oge dapat dijabarkan keadaanya yaitu Tanah Lunak.

Kata kunci: PSA, Perambatan gelombang gempa, EERA

ABSTRACT

The maximum earthquake acceleration at the ground surface, known as Peak Surface Acceleration (PSA), is the result of an analysis of soil dynamic responses. PSA is unique and different for each location, because it is strongly influenced by local soil conditions and the digitization data used. This acceleration is an important parameter in planning earthquake resistant structures. Vertical propagation of shear waves from bedrock to ground level, has been carried out with the help of a computer program Equivalent Earthquake Response Analysis (EERA). EERA is an implementation of the one-dimensional wave propagation theorem. Analysis of soil dynamic responses in the city of Jono Oge, Central Sulawesi has been carried out as a case study. The Soil data was collected from the results of soil investigative activities carried out throughout the Jono Oge area. The results of soil consistency based on the Bore Log data plotted on the data of the land owned, it can be seen that the state of the soil in the Jono Oge area can be translated into conditions namely Soft Land.

Keyword: PSA, earthquake wave propagation, EERA.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Lingkup Penelitian	6
1.4 Lokasi Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	8
2.1 Umum.....	8
2.2 Seismotektonik Daerah Jono Oge	8
2.2.1 Tataan Tektonik dan Seismisitas Sulawesi	8
2.2.2 Tataan Geologi Jono Oge	10
2.2.3 Gempa Historis Daerah Jono Oge	11
2.2.4 Sesar – Sesar Aktif di Sekitar Jono Oge	13
2.3 Penentuan Gerakan Gempa Sintetik.....	15
2.3.1 Pendahuluan	15
2.3.2 Prediksi Spektra Respons Berdasarkan Getaran Aceh.....	22
2.3.3 Momen Fungsi Rapat Spektra	22
2.3.4 Variasi Respons Stasioner.....	24
2.3.5 Variasi Respons Sementara.....	27
2.3.6 Prediksi Respons Maksimum.....	29
2.4 Perambatan Gelombang Satu Dimensi.....	31
2.4.1 Pendahuluan	31
2.4.2 Model Linier Equivalent untuk Respons Tanah	32
2.4.3 Analisis Respons Tanah Satu Dimensi	36
BAB III.....	40
3.1 Umum.....	40
3.2 Penentuan Seismotektonik Daerah Jono Oge.....	40
3.2.1 Data satelit.....	40

3.2.2	Metode	42
3.2.3	Hasil Temuan	42
3.2.4	Segmen Palu dan Segmen Saluki yang Bergerak.....	44
3.3	Pengumpulan Data Tanah Lapangan Jono Oge	47
3.3.1	Pengujian Sampel Tanah di Lapangan	47
3.3.2	Pengujian Sampel Tanah Jono Oge di Laboratorium.....	52
3.4	Pembuatan Pergerakan Gempa Sintetik	59
3.4.1	Prosedur Pembuatan Gerak Sintetik.....	59
3.4.2	Fungsi Kepadatan Spektrum Respon	60
3.4.3	Meningkatan Spektrum Respon	61
3.4.4	Sifat Gerakan yang Dihasilkan	62
3.5	Perambatan Gelombang Satu Dimensi.....	66
3.5.1	Persyaratan Sistem, File – File yang Dipilih EERA	67
3.5.2	Menginstal dan Menghapus EERA	67
3.5.3	Perintah EERA	68
3.5.4	Lembar Kerja EERA	70
BAB IV		82
4.1	Umum.....	82
4.2	PGA di Batuan Dasar Jono Oge.....	82
4.3	Geologi Daerah Jono Oge	84
4.3.1	Morfologi	84
4.3.2	Stratigrafi.....	86
4.3.3	Struktur Geologi	87
4.4	Klasifikasi Tanah Daerah Jono Oge Berdasarkan SNI	89
4.5	Pergerakan Gempa Sintetik	91
4.6	Perambatan Gelombang Satu Dimensi	92
4.6.1	Acceleration (Percepatan Gempa).....	93
4.6.2	Strees Strain (Tegangan dan Regangan)	94
4.6.3	Amplification (Perbesaran Gelombang Gempa)	95
4.6.3	Fourier Spectrum (Spectrum Fourier)	96
4.6.4	Respons Spectra (Spektra Respons).....	97
4.7	Parameter Gempa untuk Desain Struktur Tahan Gempa	99
4.7.1	Apa itu Parameter Gempa	99
4.7.2	Apa itu Struktur Tahan Gempa	101
4.7.3	Apa itu Spektral Acceleration	102
4.7.4	Kombinasi Spektra EW, NS, dan Z.....	103
4.7.5	Selimut Kombinasi Spektra EW, NS, dan Z	104
4.7.6	Rekomendasi Parameter Gempa	105
BAB V		107
5.1	Kesimpulan	107

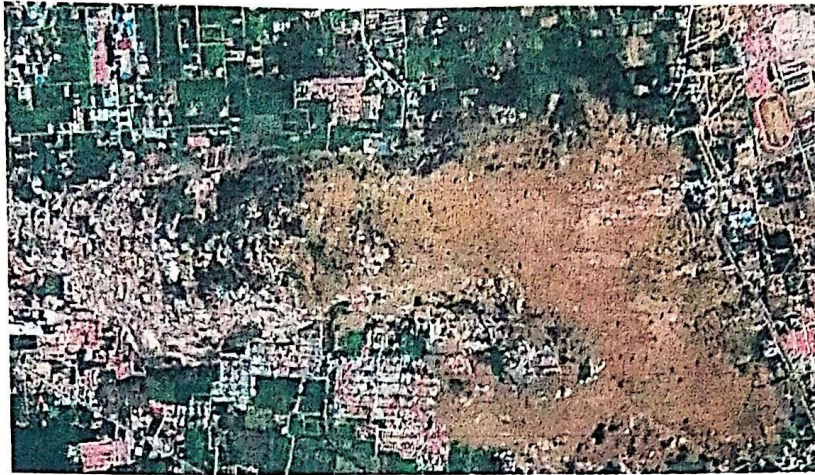
5.2	Saran	107
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempa di Palu, Sulawesi Tengah telah menyebabkan pergerakan tanah yang meluas. Berdasarkan badan pemerintahan setempat, satu pekan setelah gempa dengan kekuatan 7,5 skala magnitud di Palu, 5.000 orang dinyatakan hilang dan dua kali lipat jumlah tersebut dinyatakan meninggal. Hampir 2.000 korban telah terkorfimasi, masih banyak lagi kemungkinan terkubur oleh pergerakan tanah atau meninggal akibat gedung yang runtuh, ketika gempa yang menyebabkan likuifaksi meluas di sekitar kota Palu. Kabupaten Sigi, Desa Pombewe, Jono Oge, Shibalaya dan Rogo, juga merasakan fenomena alam ini. Luasan wilayah terdampak sangat besar, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merangkum fenomena ini dalam peta sebaran likuifaksi bencana gempa Sulawesi Tengah. Dalam peta itu hanya terdapat empat area, yaitu Kelurahan Petobo, Palu Selatan dengan luas 181.24 hektar, Perumnas Balaroa, Kecamatan Palu Barat 40 hektar. Untuk Kabupaten Sigi, di Desa Sidera-Jono Oge 209.58 hektar dan Desa Sibalaya, Kecamatan Tanambulava 52.98 hektar. Desa Jono Oge merupakan pemukiman yang tidak padat penduduk, dan sebagian besar warganya adalah petani. Karena lingkungan sekitar desa Jono Oge adalah perumahan, pepohonan, dan sawah. Dan semua itu bergerak bersama tanah di sekitar 500 meter ke arah barat. Sisa buangan lumpur mengalir jauh dan menutupi pemukiman timur Desa Kabobona Kecamatan Solo, Sigi setinggi satu meter. Pencarian di reruntuhan dan lumpur terus dilakukan sampai beberapa hari kemudian. Pemerintah berencana untuk menjaga wilayah tersebut bebas dari bangunan-bangunan baru. Tindakan ini sebagai peringatan untuk para korban dan untuk menghindarkan korban berikutnya di tanah yang tidak stabil tersebut.



Gambar 1.1 Gambar Satelit dari Digital Globe di Bandara Mutiara SIS Al- Jufrie 2018

Di Palu, beberapa wilayah kota Palu, seperti Petoboa Balaroa, Jono Oge dan Shibalaya mengalami kehancuran berat ketika likuifaksi terjadi. Video-video yang terpublikasikan di media sosial menunjukkan gedung-gedung yang runtuh tenggelam kedalam muka tanah yang terlikuifaksi. Di desa Petobo, Palu Selatan, ratusan rumah telah terbenam kedalam muka tanah seperti yang disampaikan oleh para korban yang selamat ketika menggambarkan bencana tersebut.

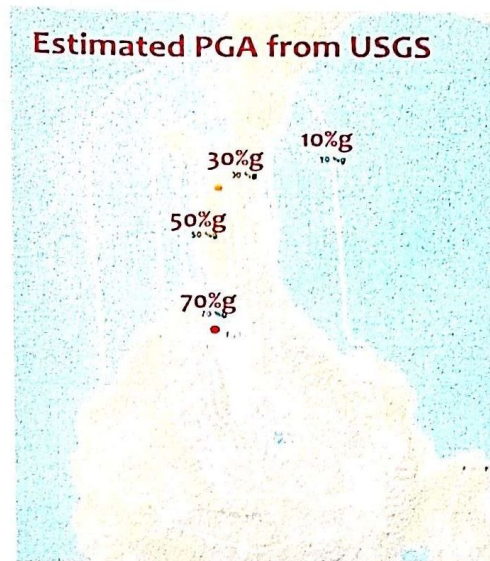


Gambar 1.2 Daerah terdampak oleh gempa dan likuifaksi Palu 28 September 2018

Likuifaksi akan muncul selama adanya gempa. Likuifaksi akan terjadi di tanah berpasir dengan muka air tanah yang tinggi. Berdasarkan survei geologi, wilayah di sekitar Palu terbentuk dari endapan fluvial dan kelautan, tertumpuk di perairan dekat laut dan sungai. Likuefaksi dapat dihindari dengan menurunkan muka air tanah. Di beberapa tempat terdapat lapisan *quick-clay* yang tersembunyi di bawah permukaan tanah. Membangun kembali gedung-gedung di wilayah ini dan didekatnya adalah pilihan yang tidak praktis. Kondisi tanah yang seperti ini beresiko terhadap bahaya likuefaksi bila gempa terjadi.

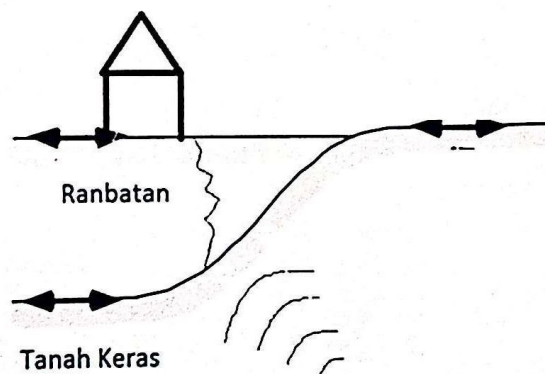
Dari riwayat gempa masa yang lalu, pergerakan tanah bergantung pada kondisi tanah setempat. Di wilayah dengan tanah yang lunak maka pergerakan tanah akan lebih besar dibandingkan hal tersebut di dekat singkapan batuan (Seed dan Idriss, 1968). Amplifikasi dari respons tanah lapangan ini telah disimulasikan menggunakan beberapa program komputer dengan asumsi penyederhanaan kondisi deposit tanah seperti lapisan tanah horizontal panjang tidak terbatas. Satu dari program-program komputer yang pertama dikembangkan untuk tujuan ini adalah SHAKE (Schnabel dkk., 1972). Lebih dari 25 tahun setelah dikeluarkannya, SHAKE masih banyak digunakan dan sebagai referensi program-program komputer di rekayasa gempa geoteknik. SHAKE menghitung respons sistem lapisan tanah-batuan secara horizontal yang menerima transisi dan vertikal perjalanan gelombang geser vertikal. SHAKE berdasarkan solusi propagasi dari Kanai (1951), Roeset dan Whitman (1969), dan Tsai dan Housner (1970). SHAKE mengasumsi bahwa perilaku tanah siklik dapat disimulasikan menggunakan sebuah model linier ekuivalen, yang digambarkan secara ekstensif di literatur rekayasa gempa geoteknik (Idriss and Seed, 1968; Seed dan Idriss, 1970; dan Kramer, 1996). SHAKE telah dimodifikasi beberapa kali (misalnya, frequency-dependent equivalent strain; Sugito, 1995). SHAKE91 adalah satu dari versi paling mutakhir dari SHAKE (Idriss dan Sun, 1992).

Pada tahun 1998, program komputer EERA telah dikembangkan dalam FORTRAN 90 dimulai dari beberapa konsep dasar seperti SHAKE. EERA kepanjangan untuk Equivalent-linear Earthquake Response Analysis. EERA adalah implementasi modern dari konsep-konsep yang dikenal dari analisis



Gambar 1.4 Percepatan gempa di batuan dasar

3. Menentukan faktor amplifikasi, percepatan maksimum di permukaan dengan perioda ulang 500 tahun untuk daerah Jono Oge dan wilayah Palu pada umumnya dengan menggunakan perambatan gelombang satu-dimensi.



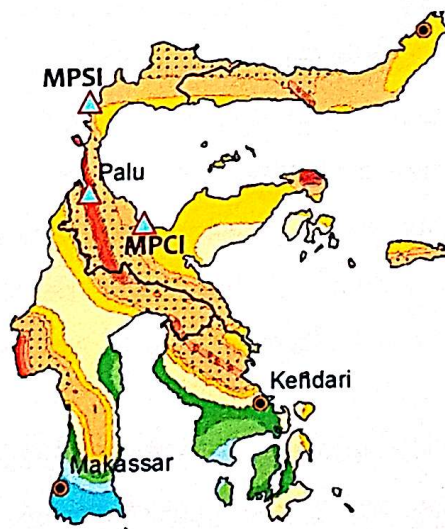
Gambar 1.5 Perambatan gelombang satu-dimensi

1.3. Batasan Masalah

Tujuan penelitian seperti yang telah diuraikan di atas, akan dicapai dengan melakukan beberapa langkah berikut sebagai lingkup dan batasan dari penelitian ini:

1. Pengumpulan, evaluasi dan identifikasi data geologi dan seismologi, serta data kejadian gempa di daerah Jono Oge dan wilayah Palu.
2. Pengumpulan dan analisis data gempa untuk daerah Jono Oge dan wilayah Palu. Penentuan percepatan maksimum di batuan dasar berdasarkan Peraturan Gempa Indonesia SNI 1726 - 2019.
3. Analisis respons dinamik tanah untuk wilayah Palu, meliputi pengumpulan data penyelidikan tanah, pemetaan kondisi tanah, penentuan parameter dinamik tanah, dan analisis perambatan gelombang geser satu dimensi

1.4 Lokasi Penelitian



Gambar 1.6 Letak geografis kota Palu

Kota Palu sebagai lokasi dari penelitian ini terletak pada koordinat $0^{\circ} 53' 42''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ} 51' 34''$ Bujur Timur. Berada di Provinsi Sulawesi Tengah dengan luas total 395.06 km^2 dan elevasi 118 m dari muka air laut.

1.5 Manfaat Penelitian

Tugas Akhir ini dibuat dengan harapan dapat memberi manfaat yang besar, bukan hanya bagi penulis tetapi juga para pembaca dan masyarakat luas pada umumnya.

1. Mengetahui nilai percepatan maksimal gempa, yang nantinya akan digunakan untuk rekonstruksi ditanah likuifaksi.
2. Mengetahui sumber-sumber gempa berbagai aspek geologi dan seismologi di daerah Jono Oge dan sekitarnya.
3. Mengetahui jenis tanah di daerah Jono Oge dan sekitarnya, setelah terjadinya likuifaksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut:

- **Bab I Pendahuluan**, membahas latar belakang masalah, tujuan penelitian, lingkup penelitian, lokasi penelitian dan sistematika penulisan.
- **Bab II Kajian Pustaka**, membahas studi literatur berkenaan dengan teori dari model tanah linier ekuivalen, dan analisis respons muka tanah satu-dimensi.
- **Bab III Metode Penelitian**, membahas metodologi berkenaan dengan pengumpulan dan analisis data tanah, penentuan data Riwayat waktu percepatan gempa, analisis respons dinamik tanah satu-dimensi dengan EERA.
- **Bab IV Hasil dan Pembahasan**. Bab ini akan menyajikan hasil penelitian dan pembahasannya yang meliputi katalog data gempa, geologi dan seismologi daerah Palu, dan hasil analisis respons dinamik tanah satu-dimensi dengan EERA.
- **Bab V Kesimpulan dan Saran**, menyimpulkan uraian bab-bab sebelumnya disertai saran-saran untuk keperluan studi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Irsyam, M., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D.H., Meilano, I., Rudyanto, A., Hidayati, S., Triyoso, W., Hanifa, N.R., Djarwadi, D., Faizal, L., dan Sunarjito (2017), *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*, Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, ISBN: 978-602-5489-01-3.
- Kennett B.L.N., Engdahl, E.R, and Bulland, R. 1995. Constraints on Seismic Velocities in the Earth from Traveltimes, *Geophysical Journal International*, 122, 108-124.
- Kramer, S.L. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Barstein, M.F. "Application of Probability Methods for the Design Against the Effect of Seismic Forces on Engineering Structures," Proc. 2nd WCEE, 1960
- Bolotin, V.V., Statistical Methods in Structural Mechanics, Holdenday, 1969.
- Brady, A.G., "Studies of Response to Earthquake Ground Motion," Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena, California Institute of Technology, Pasadena, California, 1966.
- Corotis, R. And Vanmarcke, E.H., "Time Dependent Frequency Content of System Response," Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, Octobe 1975.
- Donovan, N.C., Valera, J.E., and Beresford, D.J., Statistical Uncertainty of Design Based on Smooted Respons