

# Geographic Information System For Liquefaction Potential Mapping In Gorontalo Province

**Febrianti Paputungan<sup>1</sup>, Tajjudin Abdillah<sup>2</sup>, Budiyanto Ahaliki<sup>3</sup>, Roviana H. Dai<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Sistem Informasi, Universitas Negeri Gorontalo

E-mail: <sup>1</sup>febrianti\_s1sisfo2019@mahasiswa.ung.ac.id, <sup>2</sup>tajuddin@ung.ac.id, <sup>3</sup>budiyanto@ung.ac.id, <sup>4</sup>roviana@ung.ac.id

## Abstrak

*This research discusses the development of a Geographic Information System (GIS) using a prototype-based method for mapping liquefaction potential in Gorontalo Province. Liquefaction is a geological phenomenon that occurs when soil loses its strength due to earthquake tremors, potentially causing severe damage to infrastructure and buildings. The main objective of this study is to provide spatial information related to areas at risk of liquefaction by utilizing web-based GIS technology. The system was designed through the stages of the prototype method, starting from communication, data collection, rapid design, initial prototype development, to evaluation and refinement based on user feedback. The research focused on Gorontalo City, covering 48 villages, where disaster parameters such as wave, vibration, ground cracks, land subsidence, landslides, and liquefaction were the main concerns. The system evaluation was conducted using the System Usability Scale (SUS) method on 10 respondents, consisting of practitioners in the fields of geophysics and disaster management. The test results showed an average score of 73, which was categorized as Acceptable with a grade of C, and the user satisfaction level was in the Good category based on the adjective rating scale. The majority of users stated that the system was easy to understand, the interface navigation was intuitive, and the interactive map visualization feature was very helpful in the analysis process. Overall, the results of this study indicated that the developed system was not only capable of visualizing liquefaction potential spatially but also had a good level of acceptance and usability among users. This system was considered effective and suitable for use as a tool in disaster mitigation planning, spatial management, and risk-based decision-making for land disasters in Gorontalo Province.*

**Keyword :** Geographic Information System, Soil-Related Disasters, Liquefaction, SUS

## 1. PENDAHULUAN

Gorontalo terletak di bagian utara Pulau Sulawesi, tepatnya di kawasan yang dikenal sebagai Semenanjung Minahasa. Wilayah ini tergolong sebagai daerah dengan aktivitas tektonik yang tinggi karena berada di zona pertemuan tiga lempeng utama dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia. Di kawasan ini, Lempeng Laut Sulawesi menunjam ke bawah daratan Minahasa dari arah utara, sementara di bagian timurnya terdapat sistem subduksi ganda dari arah Maluku. Kondisi tektonik yang kompleks ini menyebabkan Sulawesi, termasuk Gorontalo, menjadi wilayah yang rawan gempa bumi. Selain menimbulkan kerusakan langsung, gempa bumi di wilayah ini juga berpotensi memicu bencana alam sekunder seperti tsunami, tanah longsor, penurunan muka tanah (amblesan), dan likuefaksi [1]. Gempa bumi (*earthquake*) adalah peristiwa yang menggetarkan atau menggoncangkan bumi akibat pergerakan tiba-tiba lapisan batuan di kerak bumi akibat pergerakan lempeng. Gempa yang disebabkan oleh pergerakan lempeng disebut gempa tektonik [2].

Peristiwa likuifaksi menyebabkan keruntuhan tekanan pada tanah, retakan tanah, kelongsora dan perbedaan penurunan tanah pada bangunan [3]. Kerusakan pada bangunan dan tempat tinggal warga merupakan salah satu bentuk kerugian infrastruktur yang berdampak besar, baik secara ekonomi maupun sosial. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur yang kuat dan tahan gempa menjadi elemen krusial dalam upaya mitigasi bencana [4]. Kota Gorontalo merupakan daerah yang saat ini semakin berkembang di Provinsi Gorontalo karna merupakan ibu kota provinsi dengan demikian dari hal tersebut membuat pembangunan di Kota Gorontalo semakin meningkat. Dalam pembangunan gedung diperlukan banyak informasi data dan kajian untuk menunjang pembangunannya, salah satunya adalah data karakteristik tanah. Pada dasarnya tanah dengan daya dukung rendah akan lebih beresiko mengalami penurunan yang besar hal tersebut juga menjadi penentu fondasi yang direncanakan baik atau tidak [5].

Maka dilakukan penelitian yang berjudul “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Potensi Likuefaksi di Provinsi Gorontalo” untuk mengetahui dampak likuefaksi yang kemungkinan terjadi di antaranya kerusakan infrastruktur, pergerakan tanah, dan kerugian ekonomi. Dengan adanya Sistem Informasi Geografis potensi likuefaksi maka dapat dibuatkan peta potensi likuifaksi di Provinsi Gorontalo yang bisa digunakan untuk melakukan pemantauan, evaluasi Risiko, pemetaan zona bahaya, pengembangan wilayah, dan bisa digunakan sebagai metode dalam rencana tanggap darurat. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan perpaduan antara ilmu kartografi, analisis statistik, dan teknologi komputer, yang bertujuan menyediakan metode analisis data spasial yang lebih efisien dan tepat guna [6].

Dalam penelitian serupa Menurut Tuasikal Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Pemetaan Zona Ruang Rawan Bencana Berbasis Web dengan Tujuan Penelitian Pemetaan zona ruang rawan bencana berbasis Sistem Informasi Geografis dibuat menggunakan software QGIS3 untuk pembuatan peta [7]. Sistem Informasi Geografis (GIS) mampu menggambarkan kondisi nyata ke dalam bentuk visual di layar komputer, mirip seperti bagaimana peta menggambarkan dunia nyata dalam bentuk cetak. Meski demikian, GIS menawarkan keunggulan berupa kemampuan dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan peta tradisional [8].

Adapun penelitian sebelumnya Menurut Merawati dkk, SIG ini dikembangkan menggunakan Bahasa pemrograman PHP, basis data MySQL dan API LeafletJS dan framework Open Street Maps. Hasil dari penelitian ini berupa sistem informasi geografis pemetaan bencana pergerakan tanah kabupaten sukabumi yang mana admin dapat melakukan input dan olah data, sementara pengguna biasa dapat melihat data [9].

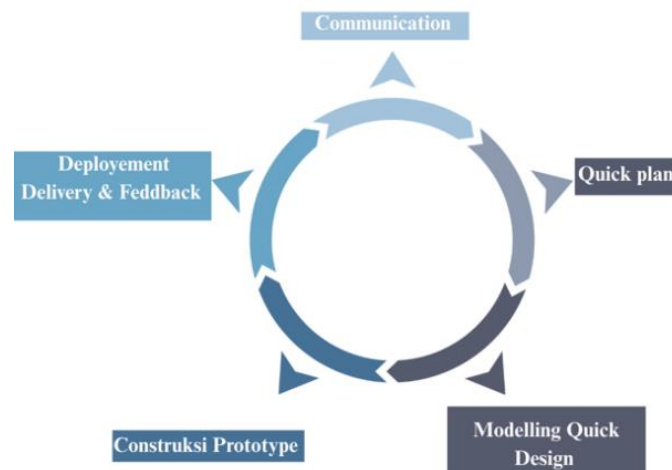
Adapun Penelitian yang membahas likuefaksi di Provinsi Gorontalo menurut Ismail, Nilai regangan geser tanah di Kota Gorontalo bervariasi antara  $10^{-5}$  hingga  $10^{-2}$ . Umumnya, nilai  $10^{-3}$  menunjukkan tingkat deformasi yang relatif kecil, seperti retakan atau penurunan tanah ringan. Di beberapa wilayah dengan nilai lebih rendah ( $10^{-5}$ – $10^{-4}$ ), deformasi tanah hanya berupa getaran, sedangkan pada lokasi dengan nilai lebih tinggi ( $10^{-2}$ ), potensi deformasi dapat mencapai tahap likuefaksi atau pemadatan tanah dalam skala besar. Hasil analisis diperoleh beberapa daerah di Kota Gorontalo yang punya probabilitas terjadinya likuefaksi pada kedalaman 30 meter dan dengan magnitudo gempa ringan sebesar 4,0 [10].

Penelitian-penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Tuasikal dan Merawati dkk. telah mengembangkan sistem informasi geografis berbasis web untuk pemetaan bencana. Namun, sistem tersebut masih terbatas pada penyajian peta berbasis data spasial tanpa integrasi parameter geoteknik dan evaluasi pengguna. Dalam penelitian ini, sistem yang dikembangkan tidak hanya menampilkan data spasial, tetapi juga menggabungkan data geoteknik dan frekuensi natural tanah sebagai parameter analisis potensi likuefaksi yang datanya di dapatkan dari hasil pengukuran lapangan serta dokumentasi penelitian sebelumnya di bidang Teknik Sipil yang dilakukan di wilayah Kota Gorontalo. sementara pemetaan dan analisis spasial dilakukan menggunakan ArcGIS untuk menampilkan persebaran potensi likuefaksi di Kota Gorontalo. Selain itu, sistem ini dievaluasi

menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) untuk mengukur tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang di implementasikan dalam penelitian ini adalah prototype. Menurut Pricilia Titania & Zulfachmi Metode prototyping merupakan pendekatan yang digunakan untuk memperoleh informasi terkait kebutuhan pengguna secara cepat dan terfokus [11]. Adapun kerangka alur prototype meliputi: communication (komunikasi), quick plan (perencanaan secara cepat), modeling quick design (pemodelan rancangan cepat), construction of prototype (pembuatan prototype), dan deployment delivery & feedback (penyerahan dan memberikan umpan balik) [12]. Tahapan Prototype akan ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 1 Metode prototype

Berdasarkan Gambar di atas berikut langkah-langkah atau tahapan dalam metode prototype:

- Communication* atau komunikasi dan pengumpulan data awal, yaitu analisis terhadap kebutuhan pengguna.
- Quick plan* atau Rencana Cepat, yaitu tahapan perencanaan kebutuhan.
- Modelling Quick Design* Atau Pemodelan Desain Cepat, tahapan pembuatan design.
- Construksi Prototype* atau Pembentukan prototype, yaitu pembuatan perangkat prototype termasuk pengujian dan penyempurnaan.
- Deployment Delivery & Feddback* atau Pengiriman dan Umpan Balik yaitu tinjauan prototype dan meningkatkan analisis kebutuhan pengguna. Perbaikan prototype, yaitu pembuatan tipe hakikatnya berdasarkan hasil evaluasi prototype dan kemudian produksi akhir, yaitu memproduksi perangkat dengan baik agar bisa digunakan oleh pengguna [13]

Aplikasi ini menggunakan pendekatan Data Flow Diagram (DFD) untuk menggambarkan aliran data dan proses utama dalam sistem secara sistematis. Penggunaan DFD memungkinkan pengembangan sistem yang terstruktur dan memudahkan analisis hubungan antara entitas, proses, dan penyimpanan data dalam aplikasi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem informasi geografis pemetaan potensi likuefaksi yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil diterapkan menggunakan metode prototype. Sistem ini mengintegrasikan data geoteknik, geologi, dan frekuensi natural tanah untuk

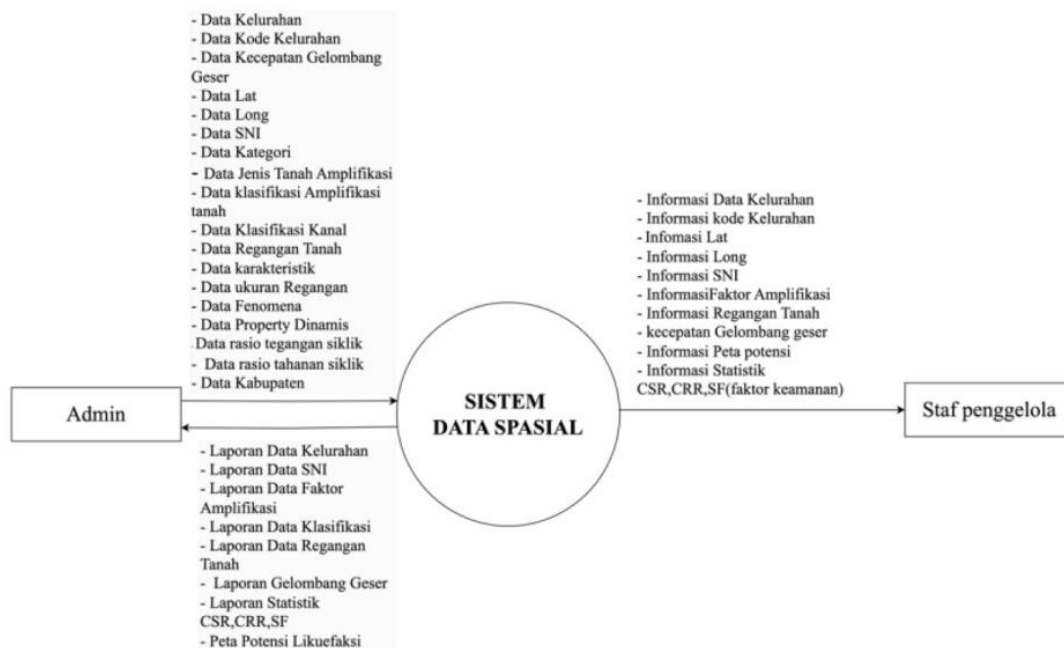
memetakan wilayah dengan potensi likuefaksi di Provinsi Gorontalo. Proses pemetaan dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, kemudian diimplementasikan ke dalam sistem berbasis web interaktif yang memungkinkan pengguna melakukan eksplorasi dan analisis data secara dinamis.

Penerapan metode prototype memungkinkan sistem dikembangkan secara bertahap berdasarkan masukan pengguna hingga diperoleh sistem yang sesuai kebutuhan. Integrasi data spasial dan geoteknik menghasilkan peta yang mampu menampilkan sebaran potensi likuefaksi secara lebih akurat dan informatif. Selain itu, hasil evaluasi menggunakan System Usability Scale (SUS) menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kegunaan dan penerimaan pengguna yang baik, dengan skor rata-rata berada pada kategori Acceptable dan Good.

Aplikasi ini menggunakan pendekatan Data Flow Diagram (DFD) untuk menggambarkan aliran data dan proses utama dalam sistem secara sistematis. Penggunaan DFD memungkinkan pengembangan sistem yang terstruktur dan memudahkan analisis hubungan antara entitas, proses, dan penyimpanan data dalam aplikasi [14].

### 3.1. Diagram Konteks

Diagram Konteks adalah diagram yang menunjukkan alur proses input dan output antara sistem dengan entitas eksternal yang terlibat[15]. Diagram konteks pada sistem data spasial menggambarkan hubungan antara dua entitas eksternal utama, yaitu Admin dan Staf Pengelola, dengan Sistem Data Spasial sebagai pusat pengolahan data. Admin berperan sebagai pihak yang melakukan input dan pengelolaan data mentah ke dalam sistem. Seluruh data tersebut diolah oleh sistem menjadi informasi spasial yang lebih terstruktur dan dapat divisualisasikan dalam bentuk peta tematik Sementara itu, Staf Pengelola menerima hasil akhir dalam bentuk informasi spasial dan analisis bencana Sistem data spasial kemudian menghasilkan keluaran berupa laporan dan peta potensi likuefaksi, aliran data ini dapat ditunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Konteks

### 3.2. Implementasi

#### 1. Halaman Login

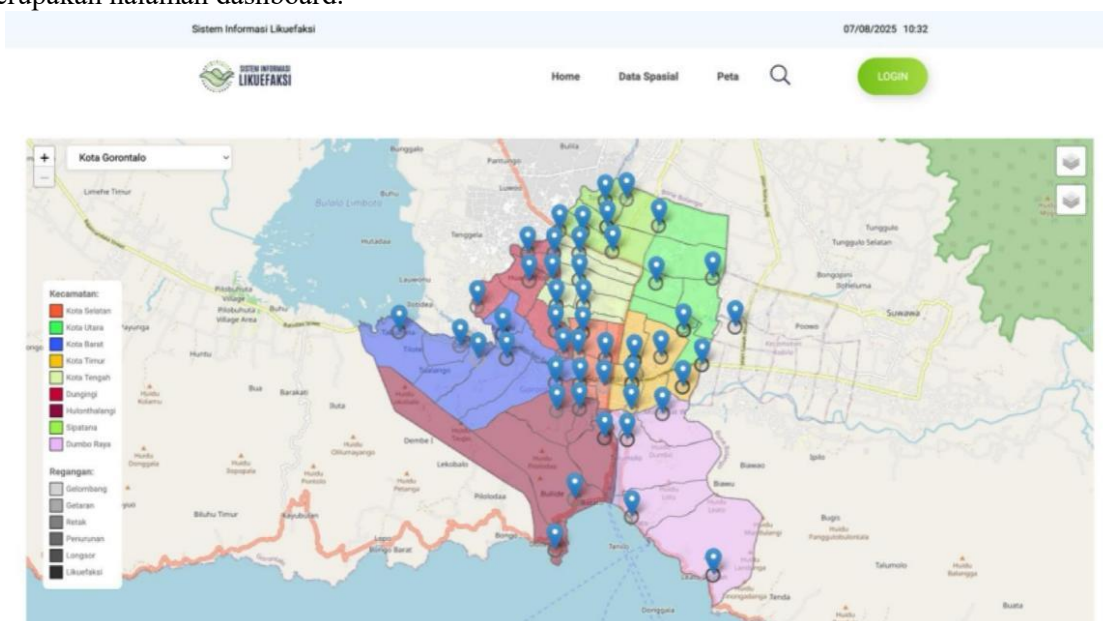
Tampilan pada Gambar menunjukkan halaman login Sistem Informasi Likuefaksi, yang berfungsi sebagai gerbang awal bagi pengguna untuk mengakses sistem. Halaman ini dirancang

dengan antarmuka sederhana dan intuitif guna memudahkan pengguna dalam proses autentikasi. Pengguna diminta untuk memasukkan alamat email dan kata sandi pada kolom yang telah disediakan sebagai bentuk verifikasi identitas.

Gambar 3. Halaman Login

## 2. Halaman Dashboard

Halaman dashboard ini menyajikan analisis persebaran kejadian likuifaksi dalam skala kabupaten, dilengkapi legenda yang menjelaskan variasi warna untuk tingkat kerentanan per kecamatan serta gradasi risiko kebencanaan tanah hingga tahap likuifaksi, gambar dibawah ini merupakan halaman dashboard.



Gambar 4. Halaman Dashboard

### 3.3. System Usability Scale (SUS)

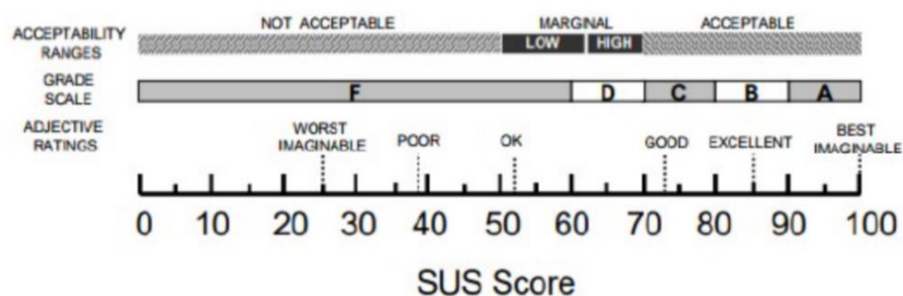
*System Usability Scale* pengujian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem yang telah dibuat mudah digunakan oleh pengguna. Evaluasi dilakukan dengan melibatkan 10 responden yang telah menggunakan sistem tersebut [16]. Berikut skor hasil hitung 10 responden yang ditunjukkan pada gambar 6

| Skor Hasil Hitung    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Jumlah | Nilai<br>(Jumlah x 2,5) |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|-------------------------|
| Q1                   | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 |        |                         |
| 4                    | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3   | 33     | 82,5                    |
| 4                    | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3   | 33     | 82,5                    |
| 3                    | 1  | 4  | 1  | 3  | 1  | 3  | 3  | 2  | 2   | 23     | 57,5                    |
| 4                    | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 1   | 31     | 77,5                    |
| 3                    | 3  | 3  | 1  | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 3   | 28     | 70                      |
| 3                    | 4  | 4  | 1  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 0   | 29     | 72,5                    |
| 4                    | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 30     | 75                      |
| 3                    | 3  | 3  | 1  | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 3   | 28     | 70                      |
| 4                    | 3  | 4  | 0  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3  | 1   | 27     | 67,5                    |
| 4                    | 4  | 4  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3   | 32     | 80                      |
| skor rata-rata hasil |    |    |    |    |    |    |    |    |     |        | 73,5                    |

gambar 6. Data Hasil Responden

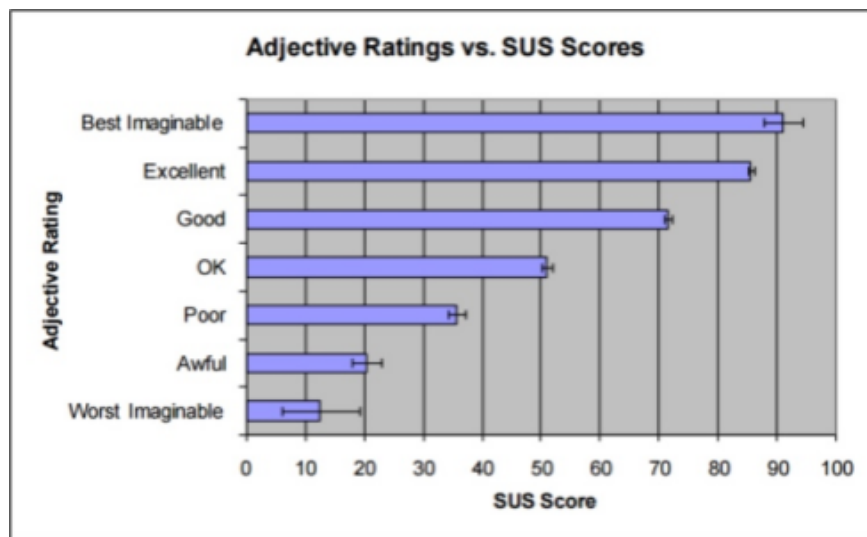
Perhitungan yang ditampilkan pada Gambar 6 telah dilakukan berdasarkan kaidah System Usability Scale (SUS). Untuk setiap pernyataan yang bersifat positif, nilai idealnya adalah 5 (Sangat Setuju), sedangkan nilai yang paling rendah adalah 1 (Sangat Tidak Setuju). Oleh karena itu, skor akhir dihitung dengan rumus skor - 1. Sebaliknya, untuk pernyataan negatif, skor terbaik adalah 1, dan skor terburuk adalah 5, sehingga perhitungannya menggunakan rumus 5 - skor. Setelah itu, seluruh skor dari pertanyaan Q1 hingga Q10 dijumlahkan untuk masing-masing responden. Hasil penjumlahan ini kemudian dikalikan dengan 2,5 guna memperoleh nilai SUS per responden.

Selanjutnya, skor SUS dari seluruh responden dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah responden, yaitu 10 orang, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 73,5 yang kemudian dibulatkan menjadi 73. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut, tingkat acceptability range masuk dalam kategori ACCEPTABLE, nilai pada grade scale termasuk dalam kategori C, dan berdasarkan adjective rating, sistem berada dalam kategori GOOD. Penilaian ini mengacu pada standar interpretasi skor SUS sebagaimana ditampilkan pada SUS Score seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. SUS SCORE (Susilo Edi, 2019)

Dari hasil pengolahan data terhadap 10 responden, diperoleh skor rata-rata System Usability Scale (SUS) sebesar 73. Mengacu pada grafik adjective rating yang ditampilkan pada Gambar 7. sistem yang telah dikembangkan, yaitu sistem informasi geografis pemetaan potensi likuefaksi di provinsi Gorontalo, memperoleh penilaian pada tingkat GOOD. Penilaian ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Adjective Ratings (Susilo Edi, 2019)

Penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis metode prototyping terbukti efektif dalam memetakan potensi likuefaksi, khususnya di Kota Gorontalo yang mencakup 48 kelurahan. Penelitian ini memfokuskan pada pemetaan parameter kebencanaan tanah seperti gelombang seismik, getaran, retakan, amblesan, tanah longsor, dan likuefaksi itu sendiri. Metode pengembangan sistem menggunakan lima tahapan prototyping, dimulai dari komunikasi kebutuhan pengguna, pengumpulan data spasial dan parameter tanah, perancangan awal sistem menggunakan DFD, pembangunan prototipe, hingga proses penyempurnaan berdasarkan umpan balik. Sistem yang dikembangkan menampilkan peta interaktif berbasis web yang menyajikan zona risiko likuefaksi secara visual dan informatif. Evaluasi sistem dilakukan dengan pendekatan System Usability Scale (SUS) yang melibatkan 10 responden. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata sebesar 73, yang masuk dalam kategori GOOD berdasarkan adjective rating, serta tergolong ACCEPTABLE pada interpretasi tingkat keterterimaan. Hasil ini menunjukkan bahwa SIG yang dikembangkan tidak hanya berhasil menampilkan informasi spasial mengenai potensi likuefaksi, tetapi juga diterima dengan baik oleh pengguna. Sistem ini berpotensi menjadi alat pendukung keputusan dalam strategi mitigasi bencana dan perencanaan pembangunan berbasis risiko di wilayah rawan gempa seperti Kota Gorontalo.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil akhir dari penelitian ini, penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem informasi geografis (SIG) untuk pemetaan potensi likuefaksi Provinsi Gorontalo, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penerapan metode prototype dalam pengembangan SIG terbukti efektif dalam merancang sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Proses iteratif yang melibatkan komunikasi, desain cepat, pengujian, dan umpan balik memungkinkan penyesuaian sistem secara dinamis hingga mencapai hasil yang optimal.
2. Sistem SIG yang dibangun mampu menyajikan pemetaan potensi likuefaksi berdasarkan parameter kebencanaan tanah, seperti gelombang, getaran, retakan, penurunan tanah, longsor, dan likuefaksi. Hal ini memungkinkan analisis spasial yang lebih akurat dan informatif dalam konteks mitigasi bencana.

3. Data yang digunakan mencakup 48 desa di wilayah Kota Gorontalo, sehingga cakupan sistem ini bersifat lokal dan spesifik, namun cukup representatif untuk menghasilkan informasi spasial yang berguna dalam pengambilan keputusan.
4. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil menampilkan informasi potensi bencana tanah secara interaktif melalui antarmuka berbasis web. Fitur-fitur utama seperti peta zonasi, informasi titik bencana, dan parameter tanah berhasil diintegrasikan dengan baik.
5. Sistem ini berpotensi menjadi alat pendukung pengambilan kebijakan, terutama dalam perencanaan tata ruang wilayah, pembangunan infrastruktur, serta penyusunan strategi mitigasi bencana oleh pemerintah daerah dan instansi terkait.

## 5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan lebih lanjut. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan skala wilayah: Penelitian ini masih terbatas pada wilayah Kota Gorontalo. Ke depan, sistem dapat diperluas cakupannya hingga tingkat provinsi agar lebih komprehensif dan dapat digunakan lintas kabupaten/kota.
2. Disarankan untuk memperbarui data geospasial secara berkala dengan melibatkan sumber data yang lebih rinci, seperti data geologi atau hidrologi. Dengan data yang lebih akurat, sistem dapat memberikan informasi yang lebih andal bagi pengguna.
3. Untuk meningkatkan manfaat SIG ini, direkomendasikan agar disarankan untuk mengintegrasikan sistem dengan sensor gempa dan cuaca secara real-time agar pemetaan dan peringatan dini bencana dapat dilakukan secara otomatis dan responsif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Efendi, G. I. Marliyani, and S. Pramumijoyo, "Recent faulting along Gorontalo Fault based on seismicity data analysis and lineament mapping," *E3S Web Conf.*, vol. 325, p. 01013, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202132501013.
- [2] A. Mufardis, K. Khaizal, and I. Irwandi, "Pemetaan Vs30 dan analisis potensi likuifaksi berdasarkan Vs menggunakan metode MASW di Kecamatan Banda Raya dan Jaya Baru Kota Banda Aceh," *J. Civ. Eng. Student*, vol. 5, no. 1, pp. 162–168, 2023.
- [3] I. Farni, "An evaluation of liquefaction potential in the region of Padang City," *J. Teknol. Sipil*, vol. 11, no. 01, pp. 67–77, 2021.
- [4] Y. Agustian, "Likuefaksi," in *Yanyan Agustian Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [5] R. D. Ali, "Pengaruh muka air tanah terhadap penurunan fondasi telapak bujur sangkar," *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.33019/fropil.v10i2.3038.
- [6] M. E. Moh., I. R. Mukhlis, S. T. Putra, M. T. Adiwarmar, F. D. Rassarandi, N. A. Rumata, E. N. Arrofiqoh, A. R. KN, F. Chusnayah, N. Paddiyatu, and E. Hermawan, "Sistem Informasi Geografis (SIG)," R. Ervina, Ed. Palembang, Indonesia: PT. Green Pustaka Indonesia, 2023.
- [7] N. R. Tuasikal, "Rancang bangun sistem informasi geografis pemetaan zona ruang rawan bencana Kota Palu berbasis web," 2020.

- [8] J. J. Ihalauw and N. K. Tandafatu, "Geographical information system for Indonesian tourist destinations," *Int. J. Inf. Syst. Technol. Akreditasi*, vol. 4, no. 2, pp. 645–660, 2021.
- [9] M. Merawati, I. Yustiana, and S. Somantri, "Sistem informasi geografis pemetaan bencana pergerakan tanah Kabupaten Sukabumi," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 7, no. 3, pp. 945–957, 2022.
- [10] M. I. Ismail, "Analisis korelasi regangan geser tanah terhadap kapasitas dukung dan potensi likuefaksi berdasarkan kecepatan gelombang geser tanah," M.S. thesis, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2024.
- [11] P. Titania and Zulfachmi, "Perbandingan metode pengembangan perangkat lunak Waterfall, Prototype, RAD," *Bangkit Indonesia*, vol. 5, pp. 6–12, 2021, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v10i1.153.
- [12] R. Aditya, V. H. Pranatawijaya, and P. B. A. A. Putra, "Rancang bangun aplikasi monitoring kegiatan menggunakan metode Prototype," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–57, 2021.
- [13] M. Rahman and C. E. Gunawan, "Perancangan data flow diagram aplikasi tabungan sampah Pt Pusri Palembang," in *Proc. Seminar Nas. Teknol. Informasi dan Rekayasa*, vol. 3, no. 1, 2024.
- [14] D. B. Paillin and Y. Widiatmoko, "Rancangan aplikasi monitoring online untuk meningkatkan pemeliharaan prediktif pada PLTD," *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 9–17, 2021, doi: 10.21456/vol11iss1pp9-17.
- [15] S. D. Pratama and M. N. Dadaprawira, "Pengujian black box testing pada aplikasi Edu Digital berbasis website menggunakan metode Equivalence dan Boundary Value," *J. Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD*, vol. 6, no. 2, pp. 560–569, 2023.
- [16] E. Susilo, "Cara menggunakan System Usability Scale (SUS) pada evaluasi usability," *Blogger & Fotografer Foto 360 Derajat*, Mar. 7, 2019. [Online]. Available: <https://www.edisusilo.com/cara-menggunakan-system-usability-scale>