Digital Transformation Technology (Digitech) | e-ISSN:2807-9000
Volume 3, **Number** 2, September 2023
https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3046

Kajian Perencanaan dan Pembangunan Sistem Informasi Berbasis WebGIS Kota Palu

Ghefra Rizkan Gaffara[1*], Ken Martina Kasikoen[2], Gabriella Trisna Yudhanti[3], Fina Zaimah Maznah[4]
[1,2,4]Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul
[3]Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
[1]ghefra@esaunggul.ac.id, [2]ken.martina@esaunggul.ac.id, [3]gabriellatrisna@mail.ugm.ac.id,
[4]fina.zaimah@esaunggul.ac.id

open access
Histori Artikel:
Diajukan: 27 Oktober 2023
Disetujui: 8 November 2023
Dipublikasi: 12 November 2023
Kata Kunci:
Gempa Bumi, Risiko, Sesar, Sistem Informasi, WebGIS

Digital Transformation Technology (Digitech) *is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).*

Abstrak
Palu terletak di sesar paling aktif di Sulawesi, dengan pergerakan tahunan sekitar 7 cm. Pusat gempa terletak di dekat Donggala, gempa dirasakan di berbagai wilayah, termasuk Kalimantan Utara dan Timur. Gempa tersebut mengeluarkan energi sekitar 2,5 × 10^20 Nm, setara dengan 200 kali kekuatan bom Hiroshima. Hal ini menjadi topik yang menarik untuk dikaji bagaimana mengembangkan sistem mitigasi bencana yang baik dan mudah diakses dengan memanfaatkan teknologi informasi yang ada saat ini, dimana informasi kebencanaan dapat dengan mudah diakses dan disinkronkan dengan sistem manajemen bencana yang ada untuk mengurangi dampak bencana gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko bencana gempa bumi dan mengembangkan model mitigasi melalui pendekatan analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode yang digunakan antara lain menganalisis risiko bencana dengan memanfaatkan data Digital Elevation Model (DEM), data jalan, dan overlay gambar dengan sebaran kerusakan akibat gempa. Selain itu juga dilakukan analisis kualitatif berupa analisis manajemen bencana dan mitigasi. Data yang diperoleh digunakan untuk merancang jalur evakuasi dan menentukan lokasi shelter pasca gempa. Hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai kerentanan bencana di wilayah yang diteliti. Melalui model mitigasi yang dikembangkan, penelitian ini berkontribusi dalam mengidentifikasi strategi mitigasi yang efektif. Rute evakuasi yang dirancang dan lokasi perlindungan pasca gempa memberikan informasi penting untuk perencanaan tanggap darurat. Selanjutnya hasil analisis disajikan dalam bentuk WebGIS yang dapat diakses melalui website, sehingga memudahkan akses informasi oleh masyarakat umum.

PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di Cincin Api Pasifik rentan terhadap aktivitas seismik sehingga rawan terhadap gempa bumi. Negara ini sering mengalami gempa bumi dengan frekuensi tinggi karena posisinya yang berada di persimpangan lempeng tektonik aktif (Rusydi et al., 2017). Gempa bumi kecil hingga sedang sering terjadi, sedangkan gempa besar dapat terjadi dalam jangka waktu yang lebih lama (Fachrudin, 2020). Indonesia mempunyai sejarah gempa bumi yang signifikan, seperti gempa dan tsunami Aceh tahun 2004, gempa Yogyakarta tahun 2006, dan gempa Lombok tahun 2018. Gempa bumi besar ini dapat menyebabkan kerusakan parah, korban jiwa, dan kerugian ekonomi yang signifikan (Rasimeng et al., 2020). Aktivitas subduksi di bawah Samudera Hindia, tempat Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah Lempeng Eurasia, menjadi faktor penyebab terjadinya gempa bumi besar di Indonesia. Zona Megathrust seperti Zona Megathrust Sunda rentan terhadap gempa besar yang dapat memicu tsunami. Sebagai tanggapannya, Indonesia secara bertahap meningkatkan upaya mitigasi dan kesiapsiagaan gempa bumi. Hal ini termasuk penerapan peraturan bangunan tahan gempa, dan sistem peringatan dini, serta meningkatkan kesadaran dan pendidikan masyarakat tentang prosedur darurat (Gallant et al., 2019)

Namun, mengingat kompleksitas geografis dan kepadatan penduduk di Indonesia, tantangan dalam penanggulangan bencana masih ada. Upaya berkelanjutan diperlukan untuk memperkuat koordinasi antarlembaga, meningkatkan partisipasi masyarakat, meningkatkan akses terhadap informasi dan pendidikan kebencanaan, serta mengembangkan kebijakan dan strategi mitigasi bencana yang berkelanjutan. Salah satu model yang muncul adalah penggunaan sistem smart-GIS dalam mitigasi gempa bumi dan manajemen bencana.

Sistem ini memungkinkan pemetaan zona risiko secara akurat, analisis mendalam, dan perencanaan proses evakuasi dan pemulihan yang efisien. Integrasi dengan sistem peringatan dini dan platform komunikasi memungkinkan penyebaran informasi kepada masyarakat secara cepat dan akurat (Jiao et al., n.d.). Untuk memastikan keberhasilan implementasi sistem smart-GIS, penting untuk memastikan data yang akurat, akses yang adil terhadap teknologi, dan keterlibatan aktif dari pemerintah, lembaga penanggulangan bencana, dan masyarakat. Penggunaan sistem smart-GIS dalam mitigasi gempa bumi dan manajemen bencana menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efektivitas, kecepatan, dan akurasi respons. Namun, penting untuk memastikan ketersediaan data yang akurat, aksesibilitas teknologi yang adil, dan keterlibatan aktif pemerintah, lembaga penanggulangan bencana, dan masyarakat dalam memanfaatkan sistem ini. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan berkelanjutan, sistem smart-GIS dapat berfungsi sebagai alat yang ampuh dalam melindungi kehidupan, mengurangi kerugian, dan memperkuat ketahanan gempa di Indonesia. (*Earthquake Geotechnical - 2019*, n.d.)

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan adalah yaitu penelitian (*Rasimeng et al, 2019*) yang membahas mengenai fraktur / patahan secara besaran dengan metologi perhitungan epicentrumnya. Sedangkan acuan kedua adalah penelitian dari (*Rusyidi et al, 2017*) yang bertujuan untuk mengetahui kerentanan zona gempa. Penetapan zona ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi risiko bencana gempa bumi. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode deskriptif dan metode penjumlahan terbobot overlay. Untuk metode pengolahan data overlay menggunakan aplikasi GIS. Sedangkan acuan ketiga dalam penelitian ini adalah (*Pratama et al, 2022*) yang meneliti mengenai besaran gempa dan liquiefaksi serta besaran gempa dari epicentrum sebesar 7,8 Skala Richter.

STUDI LITERATUR

Literatur dari studi diperoleh dari:

- Studi terdahulu yang berkaitan dengan perhitungan kegempaan
- Contoh WebGIS

Skala nominal besaran gempa disebut Skala Mercalli. Skala ini terbagi menjadi 12 pecahan berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa tersebut dan juga dengan melihat serta membandingkan tingkat kerusakan akibat gempa bumi tersebut. Oleh itu skala Mercalli adalah sangat subjektif dan kurang tepat dibanding dengan perhitungan magnitudo gempa yang lain. Oleh karena itu, saat ini penggunaan Skala Richter lebih luas digunakan untuk untuk mengukur kekuatan gempa bumi. (Skala Mercalli, 2019.)

Skala Richter maupun Mercalli merupakan satuan dalam kegempaan yang secara detil dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini. Perhitungan risiko menggunakan skoring yang telah ditetapkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskrispsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 564

Gambar 1 Skala Intensitas Mercalli (Sumber: (Skala Mercalli, 2019.))

METODE

Pengumpulan Data

GIS GIS adalah singkatan dari Sistem Informasi Geografis dan didefinisikan dari perspektif alat, teknologi, layanan, dan sains. Metode pengumpulan data meliputi pengambilan data yang merupakan data primer dan sekunder. Proyeksi peta adalah penggambaran titik-titik secara sistematis dari permukaan bumi yang melengkung ke permukaan peta yang datar. Dunia dipandang sebagai objek diskrit yang mewakili data vektor dan sebagai permukaan kontinu yang mencerminkan data raster. Penelitian ini menggunakan beberapa kerentanan seperti gempa bumi, bahaya dan Digital Elevation Model (DEM).

Analisis Data

GIS adalah alat yang baik untuk bencana. Pengukuran bencana pada studi kasus Kota Palu adalah dengan menghitung besaran bencana dikalikan dengan besarnya kerentanan. Sebagaimana diketahui, Kota Palu mengalami gempa bumi yang disusul tsunami dengan kekuatan 7,4 skala richter, tentunya membawa kerentanan yang besar bagi manusia, bangunan, dan lingkungan hidup. Penggunaan rumus Resiko dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

$$Risk = \frac{Vulnerability\ x\ Hazard}{Capacity} \quad (1)$$

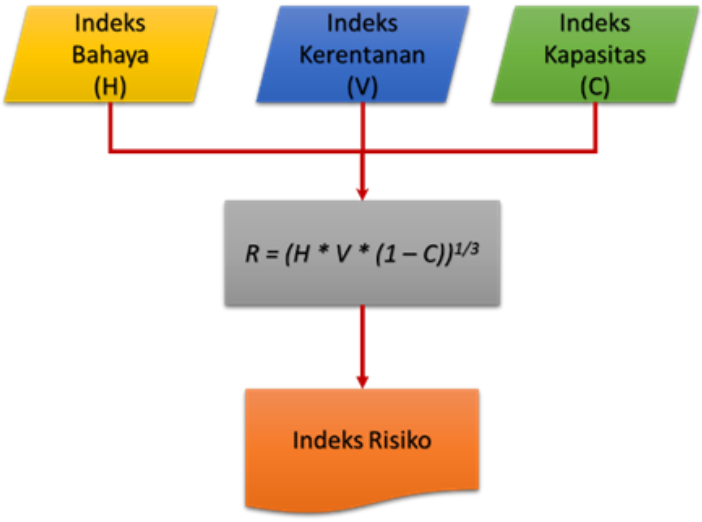
Kami tidak menggunakan H (Bahaya) dan V (Kerentanan). Data bahaya dikumpulkan dari format raster indeks besaran. Sedangkan data kerentanan dikumpulkan dari bangunan dan fasilitas yang terkena dampak. Kapasitas, bahaya dan kerentanan dihitung menggunakan query pada Sistem Informasi Geografis menggunakan query dan mengenai kapasitas kapasitas menggunakan rumus di bawah ini.

$$IKG = (IKS\ \times 40\%) + (IKF\ \times 30\%) + (IKE\ \times 30\%) \quad (2)$$

Keterangan:

IKG = Indeks Kerentanan Gempabumi
IKS = Indeks Kerentanan Sosial
IKF = Indeks Kerentanan Fisik
IKE = Indeks Kerentanan Ekonomi

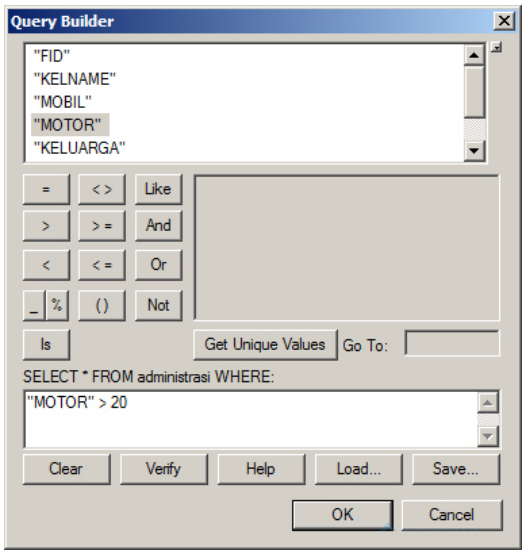
Secara teknis, berikut ini diagram alir perhitungan dalam mencari risiko gempa dalam kajian Risiko Gempa pada Kota Palu.



Gambar 2 Diagram Alir Metode Analisis Data

Gambar 2 menjelaskan bahwa Palu yang secara resmi dikenal sebagai Kota Palu (Bahasa Indonesia: Kota Palu) adalah ibu kota dan kota terbesar di Sulawesi Tengah. Palu terletak di pesisir barat laut Sulawesi dan berbatasan dengan Kabupaten Donggala di utara dan barat, Kabupaten Parigi Moutong di timur, dan Kabupaten Sigi di selatan. Batas kota meliputi wilayah seluas 395,06 km^2 sensus Indonesia tahun 2020. (Maidiawati et al., 2020) Palu berpenduduk 373.218 jiwa, menjadikannya kota terpadat ketiga di pulau ini setelah Makassar dan Manado; perkiraan resmi pada pertengahan tahun 2021 adalah 377.030. Palu adalah pusat keuangan, pemerintahan, dan pendidikan di Sulawesi Tengah, serta salah satu dari beberapa kota besar di pulau itu. Kota ini menjadi tuan rumah pelabuhan utama provinsi, bandara terbesar, dan sebagian besar universitas negeri.

Sistem Informasi Geografis yaitu ArcGIS 10.8 dari platform ESRI merupakan alat yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung beberapa variabel yaitu bencana, kerentanan dan kapasitas untuk mendapatkan hasil risiko gempa bumi yang terjadi di Kota Palu pada tahun 2018 (Rifai et al., 2023). Banyak referensi yang mendasari hal tersebut. riset. Kapasitas yang digunakan adalah dengan memberikan skor terhadap ketersediaan fasilitas untuk melarikan diri seperti lapangan dan ruang terbuka serta fasilitas shelter seperti sekolah, balai pertemuan dan masjid. Adapun ilustrasi query pada GIS dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Pratama et al., 2022)



Gambar 3 Analisis Query dalam GIS

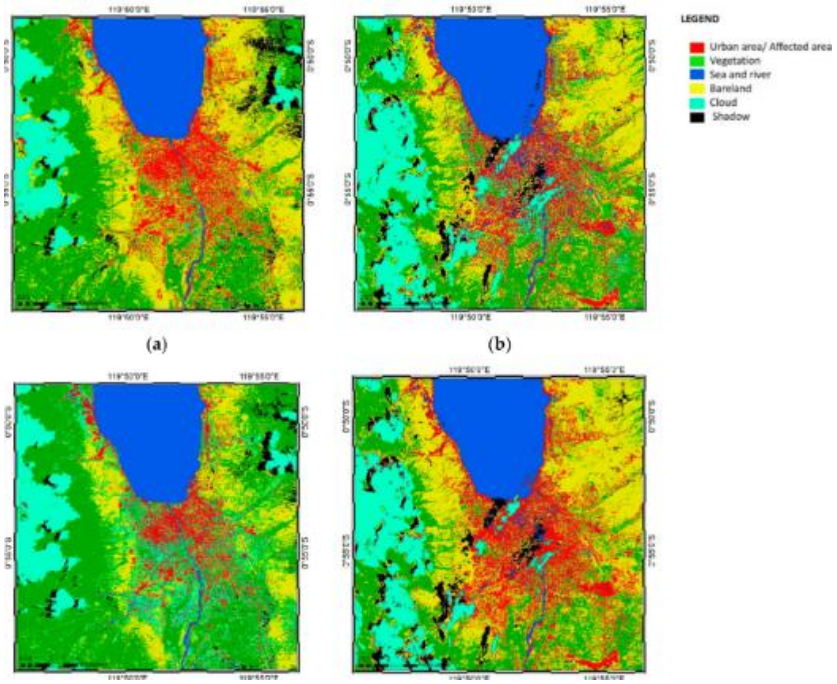
Gambar 3 menjelaskan query yang merupakan model pembangun pada GIS yang berfungsi salah satu cara untuk menghitung dalam hal ini adalah scoring. Kajian ini menghitung penilaian bencana, kerentanan dan kapasitas.

HASIL

Hasil penelitian ini menggambarkan perhitungan menggunakan rumus pencarian rumus risiko dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana, yaitu dengan mengalikan bahaya dan kerentanan dibagi kapasita. Dengan menggunakan rumus skoring Bencana dari Perka BNPB tahun 2014 maka nilai besaran bencana Gempa Bumi dikalikan dengan Akibat Bencana / Kerentanan akan menghasilkan Risiko Bencan Gempa Bumi pada Kota Palu. Pengolahan data ini menggunakan Sistem Informasi yang disebut sebagai Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan *software* ArcGIS. Aplikasi ArcGIS ini dikembangkan menjadi salah satu aplikasi interaktif yang disebut WebGIS. Hasil yang berupa website inilah yang berisi mengenai gambaran sebaran Risiko Gempa Bumi di wilayah studi Kota Palu.

PEMBAHASAN

Gambar 4 menjelaskan sesar Palu – Koro berdampak pada kejadian gempa bumi di Palu dengan magnitudo 7,5 SR. Sesar Palu - Koro mempunyai karakteristik yang dinamis dengan pergerakan yang tidak dapat diprediksi sehingga menimbulkan guncangan yang kuat pada saat terjadinya gempa tahun 2018.



Gambar 4 Klasifikasi Lahan Kota Palu
Sumber: Analisis, 2023

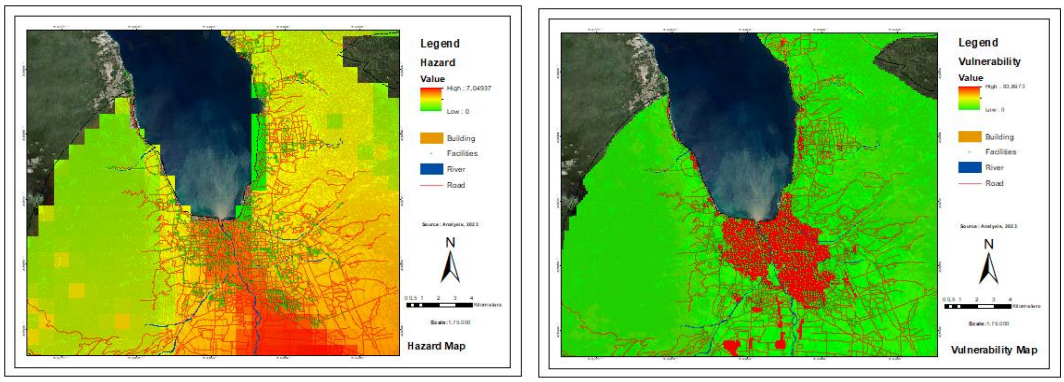
Pada gambar 4 Peta Klasifikasi Kota Palu terlihat sebaran fasilitas pada kawasan terbangun berada di sepanjang pantai yang berada dalam Sesar Palu – Koro. Selain itu, diketahui juga kondisi Kota Palu mempunyai kemiringan antara 0 – 15%. Palu mempunyai tingkat resiko yang tinggi karena berhadapan langsung dengan laut dan berada pada posisi tepat pada sesar Palu – Koro. Selain mengalami gempa, Palu juga mengalami likuifaksi, tanah longsor, dan tsunami.

Table 1
The Significance of The Relationship in The Model

Class Hazard	Multi Hazard (Percentage %)			
	Earthquake	Liquefaction	Landslide	Tsunami
Low	5	55	42	13
Medium	30	30	50	30
High	65	15	8	57

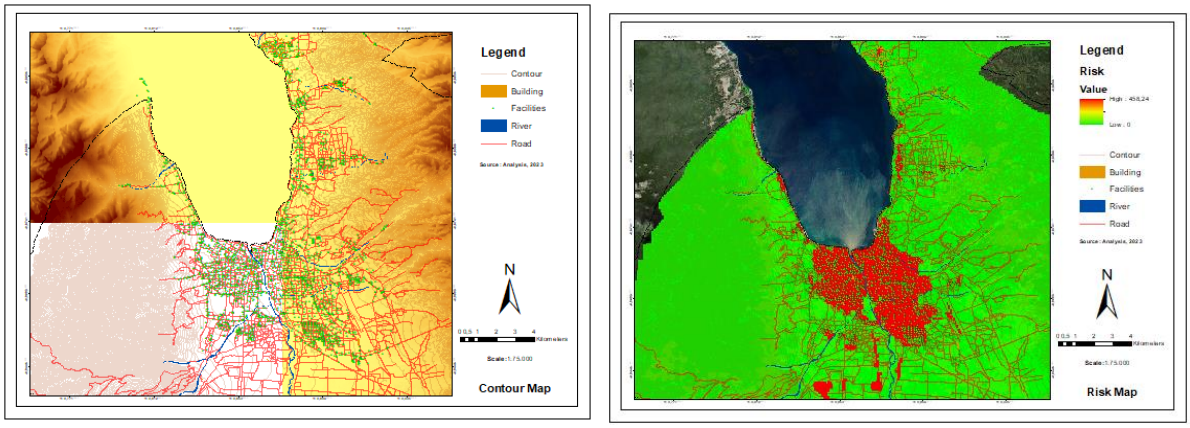
* penggunaan Query in ArcGIS 10.8

Tabel 1 menjelaskan bahwa dari persentase multihazard yang dihitung, tingginya risiko bencana gempa bumi dan tsunami lebih dari 50% dan menimbulkan kerusakan luar biasa pada bangunan. Selain itu, lebih dari 2.0000 orang meninggal dengan jumlah pengungsi sebanyak 82.775 orang. Hasil dari analisis menunjukkan area yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi terletak di bibir Sungai.



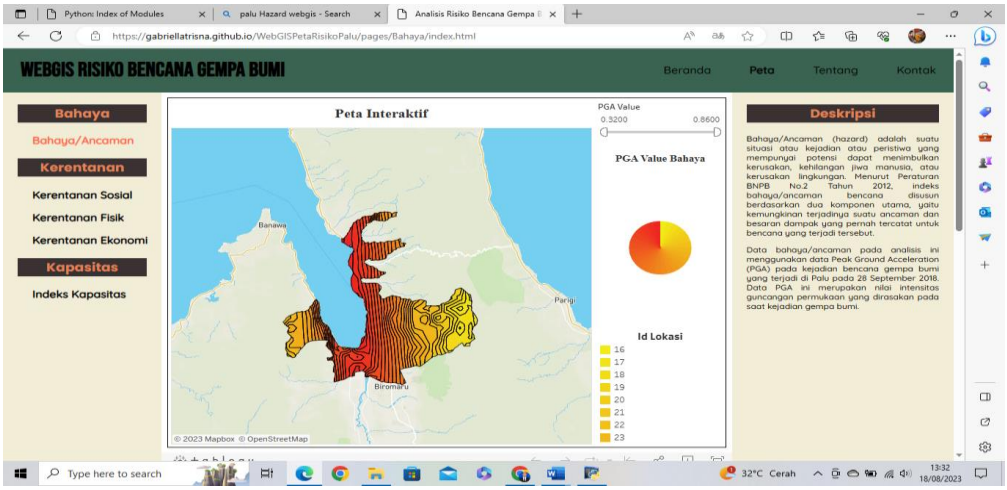
Gambar 5 Analisis Risiko Bencana
Sumber: Analisis, 2023

Hasil analisa perhitungan menggunakan Query pada ArcGIS 10.8 menunjukkan bahwa untuk kebencanaan mempunyai skor tertinggi yaitu 7.49 yang mempunyai kecenderungan sepanjang muara dan sepanjang garis pantai. Hal ini terlihat dari rusaknya jembatan, mall, dan gedung perkantoran [kiri]. Sedangkan pada tingkat kerentanan skor tertinggi dari Query ArcGIS 10.8 adalah 83.69 yang berada di daerah muara hingga tengah kota**.** Di bawah ini adalah peta kondisi kontur yang telah diolah dengan hillshade [kiri] dan peta risiko Kota Palu hasil rumus risiko sama dengan bahaya dikali kerentanan dibagi kapasitas [kanan].



Gambar 6 Peta Risiko dengan Mempertimbangkan Kontur

Peta risiko pada gambar 6 didapat dari kontur yang diolah dengan peta hazard dan juga kerentannanya. Terlihat risiko tertinggi berada di bibir Pantai di Kota Palu.



Gambar 7 Hasil dari Web Mapping Sistem Informasi Kebencanan

Hasil dari peta risiko pada gambar 7 akan di ekspor ke website yang dinamakan web mapping atau WebGIS. Haislnya bisa dilihat pada gambar di atas dan bisa diakses pada laman https://gabriellatrisna.github.io/WebGISPetaRisikoPalu/

KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan dari penelitian ini. Padahal sudah banyak penelitian yang membahas tentang bencana di Kota Palu. Penelitian saya mempunyai perbedaan yaitu dengan menghitung kapasitas ketersediaan ruang terbuka hijau dan shelter. Maka dari hasil perhitungan menggunakan Query ArcGIS 10.8 dapat disimpulkan bahwa tingkat kerawanan dan tingkat kerentanan gempa bumi yang tinggi di Palu berada di daerah muara sungai Palu dan terletak di sepanjang bibir sungai hingga pusat kota.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlambat membantu yaitu Bappeda Kota Palu, data Badan Informasi Geospasial, Badan Nasional Penanggulangan Bencana dan instansi terkait baik di

pusat maupun di Sulawesi Tengah. Selain itu kami juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Kajian Bencana Alam Universitas Gadjah Mada atas sharingnya dan dari teman-teman Ikatan Ahli Geospasial Indonesia.

REFERENSI

Amir, N., Ferdiana, T., & Paksi, M. (2021). *Rebuilding the Tourism Area of Palu City After Three Years of Earthquake: An Overview of Spatial Law Studies*.

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

Dwi Kisworini, I. (2022). Land Value Prediction Model In The Urban Fringe Region Using Multiple Regression Algorithm. *Journal of Marine-Earth Science and Technology*, *2*(3), 28–33. https://doi.org/10.12962/j27745449.v2i3.442

Earthquake Geotechnical - 2019. (n.d.).

Fachrudin, K. A. (2020). Analysis of the improvements in the land value zone and revenue from rural and urban property taxes in North Sumatera and Aceh Provinces, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *452*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012034

Gallant, A. P., Hutabarat, D., & Wartman, J. (2019). *Geotechnical Reconnaissance: The 28 September 2018 M7.5 Palu-Donggala, Indonesia Earthquake*. https://doi.org/10.18118/G63376

Herdiana, I., & Lakoro, R. (2022). Psychosocial Issues Following Natural Disaster in Palu Central Sulawesi: A Case Study on Adolescents. *Journal of Educational, Health and Community Psychology*, *11*(2).

Jiao, L., Wang, T., Feng, G., Tapponnier, P., Simanjuntak, A. V. H., & Chan, C.-H. (n.d.). *Impact of rupture complexity on seismic hazard: Case of the 2018 Mw7.5 Palu earthquake*. https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-563

Maidiawati, Tanjung, J., Sanada, Y., Nugroho, F., & Wardi, S. (2020). Seismic analysis of damaged buildings based on post-earthquake investigation of the 2018 palu earthquake. *International Journal of GEOMATE*, *18*(70), 116–122. https://doi.org/10.21660/2020.70.9490

Nugraha, J., Jaya, A., & Alimuddin, I. (n.d.). Identification Of Palu-Koro Fault Mechanism And Earthquake Hazard Vulnerability Of Palu Area Central Of Sulawesi. *International Journal of Engineering and Science Applications*. http://ds.iris.edu

Pratama, R. J. A., Krisnamurti, & Wicaksono, L. A. (2022). Analysis Of The Liquefaction Potential Of Palu City Using Qualitative And Qauntitative Methods. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*(1), 140–151. https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.4526

Rasimeng, S., Alimuddin, Rustadi, Sinambela, R. Z., Mandang, I., Bakri, S., & Zaenudin, A. (2020). Hypocenter dimension of 7.5 mw Palu earthquake using fractal approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *575*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012161

Rifai, A. I., Prasetyo, E., & Rhismono. (2023). Analysis of Community Satisfaction Level on the Road Rehabilitation and Reconstruction Project (Learn from Palu Disasters Area). *Lecture Notes in Civil Engineering*, *225*, 297–309. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9348-9_27

Rusydi, H., Effendi, R., & Rahmawati, R. (2017). Vulnerability zoning of earthquake disaster of Palu. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, *1*(2), 137. https://doi.org/10.20961/ijsascs.v1i2.5138

Skala Mercalli. (n.d.).

Usman, S., Jaya, A., & Maulana, A. (2022). Tectonically-Controlled Disaster Risk Assessment Study Along Palu-Koro Fault In Donggala Regency, Central Sulawesi: Record From. *Earthquake Effect. Jurnal Geomine*, *10*(3), 188–198.