

Analisis Spasial Temporal Kerentanan Bencana Alam Dalam Mendukung Ketahanan Terhadap Bencana di Indonesia

Asep Id Hadiana^{1*}, Agus Komarudin², Eddie Khrisna Putra³, Melina⁴, Rezky Yuniarti⁵, Ridwan Ilyas⁶,
Fatan Kasyidi⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi

Email: ¹asep.hadiana@Lecture.unjani.ac.id, ²agus.komarudin@lecture.unjani.ac.id,

³eddiekrishna@lecture.unjani.ac.id, ⁴melina.akun@gmail.com, ⁵rezkiy@gmail.com,

⁶ilyas@lecture.unjani.ac.id, ⁷fatane.elfnum@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Naskah masuk, 2 November 2021

Direvisi, 3 November 2021

Diiterima, 3 November 2021

Kata Kunci:

*Spasial analisis,
Manajemen bencana,
Kerentanan bencana,
Gempa bumi*

ABSTRAK

Abstract- *The Major Earthquakes and their recent tragic consequences in different locations around the world, including in this case in Indonesia justify the emergency need to incorporate earthquake risk analysis into disaster management practices. Integrating earthquake risk impact analysis in disaster management practices is very important. This study presents a simple and scientific approach through spatial-temporal analysis of earthquake data in Indonesia during the period 2020. By taking a dataset regarding the occurrence of earthquakes in Indonesia that occurred in the period 2020, it can be seen that almost all regions in Indonesia are vulnerable. against earthquakes, where the average earthquake strength is in the range of 4 to 4.5 on the Richter scale. The findings of this study are expected to assist disaster management authorities in Indonesia in identifying risk zones, visualizing hazard risks for easier interpretation, optimizing resources by targeting vulnerabilities, and deciding on planning and controlling interventions for possible disaster impacts.*

Abstrak- *Gempa Bumi Besar dan konsekuensi tragisnya belakangan ini di lokasi berbeda di seluruh dunia, termasuk dalam hal ini di Indonesia membenarkan kebutuhan darurat untuk memasukkan analisis risiko gempa dalam praktik manajemen penanggulangan bencana. Mengintegrasikan analisis dampak risiko gempa bumi dalam praktik manajemen penanggulangan bencana menjadi hal yang sangat penting. Studi ini menyajikan pendekatan yang sederhana dan ilmiah melalui analisis spasial temporal dari data gempa bumi yang ada di Indonesia selama kurun waktu 2020. Dengan mengambil dataset mengenai kejadian gempa bumi di Indonesia yang terjadi dalam kurun waktu 2020, dapat dilihat bahwa hampir seluruh wilayah di Indonesia rentan terhadap bencana gempa bumi, dimana kekuatan gempa bumi rata-rata ada di kisaran 4 sampai 4.5 skala richter.*

Temuan penelitian ini diharapkan dapat membantu otoritas manajemen bencana di Indonesia dalam mengidentifikasi zona risiko, memvisualisasikan risiko bahaya untuk interpretasi yang lebih mudah, optimalisasi sumber daya dengan menargetkan kerentanan, dan memutuskan intervensi perencanaan dan pengendalian atas dampak bencana yang mungkin terjadi.

*Copyright © 2021 LPPM - STMIK IKMI Cirebon
This is an open access article under the CC-BY license*

Penulis Korespondensi:

Asep Id Hadiana

Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi, Indonesia
Email: asep.hadiana@lecture.unjani.ac.id

1. Pendahuluan

Dalam konteks perubahan iklim global, cuaca yang semakin ekstrim membuat manusia menghadapi tantangan yang lebih signifikan untuk beradaptasi dan memitigasi dampak buruk perubahan iklim. Bencana yang sering terjadi di berbagai tempat telah menyebabkan kerugian dan dampak yang cenderung meningkat secara signifikan. Bencana adalah hasil dari cuaca abnormal atau efek perubahan iklim jangka panjang yang meningkat secara bertahap di seluruh dunia. Negara maju dapat dengan mudah mengelola efek berbahaya dari perubahan iklim tetapi negara berkembang cenderung kurang tangguh dan lebih rentan menderita [1]. Risiko bencana dan ketahanan menerima penekanan yang tidak memadai dalam agenda Sasaran Pembangunan Milenium, meskipun ada hubungan antara bencana dan pembangunan [2]. Meskipun ada penerimaan universal bahwa bencana dapat mengikis dan menghancurkan hasil pembangunan, ada pengakuan terbatas tentang peran yang dimainkan oleh berbagai pendekatan pembangunan dalam menciptakan atau meningkatkan kerentanan. Mengurangi resiko bencana (misalnya pencegahan, kesiapsiagaan, dan sistem peringatan dini) untuk peristiwa yang dapat diprediksi seperti kondisi dampak cuaca buruk yang besar seperti siklon, badai besar, peristiwa curah hujan tinggi, gelombang panas dan dingin, membantu melindungi aset manusia dan ekonomi.

Ketahanan adalah konsep populer yang sering digunakan dalam literatur bencana [3]. Artinya "bangkit kembali" dan berfokus pada proses pemantulan kembali ke kondisi sebelumnya setelah menghadapi gangguan yang disebabkan oleh bahaya [4]. Menurut UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) [2], "Ketahanan adalah kemampuan suatu sistem, komunitas atau masyarakat yang terpapar bahaya untuk melawan, menyerap, mengakomodasi, dan pulih dari efek bahaya secara tepat waktu dan efisien, termasuk melalui pelestarian dan pemulihan struktur dasar esensial dan fungsi. Ketahanan bencana, sebuah konsep kunci dalam penanggulangan bencana, mengacu pada kemampuan individu, kelompok atau komunitas untuk kembali ke kondisi semula setelah bencana [5].

Analisis pola spasial mengakomodasi penggunaan data temporal dalam GIS untuk menyelidiki perubahan pola dari waktu ke waktu

[6]. Untuk studi lingkungan, analisis dapat dilakukan untuk berbagai data mulai dari kekayaan spesies hingga terjadinya kebakaran liar. Dimensi temporal dalam analisis semacam itu seringkali penting untuk menilai perubahan dari waktu ke waktu dan untuk memberikan solusi yang relevan dengan waktu untuk pengelolaan lingkungan. Pengenalan pola menggunakan SIG telah diterapkan untuk banyak aplikasi seperti karakterisasi fitur geomorfologi penyebaran penyakit tumbuhan dan hewan serta kerentanan bahaya dari sebuah bencana [6]. Peta dan Sistem Informasi Geografis (GIS) banyak digunakan untuk lebih memahami dan mengelola risiko di sebuah daerah. Meskipun metode untuk memetakan bahaya, kerentanan, dan risiko telah ditetapkan dengan baik, memetakan ketahanan di sebuah daerah menjadi tantangan karena tidak ada pendekatan metodologi yang disepakati untuk melakukannya [6].

2. Tinjauan Pustaka

Bencana adalah gangguan serius dari fungsi komunitas atau masyarakat yang menyebabkan kerugian manusia, material, ekonomi atau lingkungan yang meluas, yang melebihi kemampuan komunitas atau masyarakat yang terkena dampak untuk mengatasinya dengan menggunakan sumber dayanya sendiri [2]. Seiring dengan seringnya bencana terjadi, dalam beberapa tahun terakhir, popularitas "ketahanan" telah menjadi populer dalam wacana akademis dan kebijakan [7]. Yang terpenting, teori ketahanan memberikan wawasan tentang sistem socio-ekologi yang kompleks dan pengelolaannya yang berkelanjutan. Selain ketahanan, response terhadap bencana juga mendapat perhatian dari beberapa peneliti, seperti dari sudut pandang klasifikasi Tweets untuk dalam mendukung response terhadap bencana [8].

Daya tarik sistem informasi geografis (SIG) untuk perencanaan bencana dan tanggap daruratnya adalah bahwa pengguna dapat duduk di depan komputer yang jauh, menerima aliran data spasial terintegrasi dari berbagai sumber untuk melihat kota secara keseluruhan [9] dan membuat keputusan berdasarkan data. Seperti pada penelitian [10], dimana GIS digunakan untuk melakukan mitigasi dari dampak kerusakan bencana di sebuah wilayah. Ketahanan perkotaan baru-baru ini dimasukkan ke dalam rencana induk

kota [11], meskipun fokus utamanya pada penggunaan lahan fisik. Meskipun dimungkinkan untuk merekam media kualitatif dalam SIG, SIG secara historis dikaitkan dengan revolusi kuantitatif dalam geografi melalui penggunaan model spasial dan statistic [12]. Data dalam GIS disimpan dan divisualisasikan sebagai lokasi tetap dalam ruang dan waktu, disebut sebagai peta grid. Format data ini memberikan informasi tentang lingkungan binaan (misalnya, saluran drainase) dan proses fisik (misalnya, tingkat banjir) daripada hubungan sosial, politik atau ekonomi penduduk. [13] berpendapat bahwa bentuk ketahanan selain infrastruktur secara inheren menantang untuk dipetakan karena proses tersebut bukanlah faktor terisolasi tunggal yang tetap dalam ruang atau statis dalam waktu, juga tidak didorong hanya oleh proses dalam batas-batas peta.

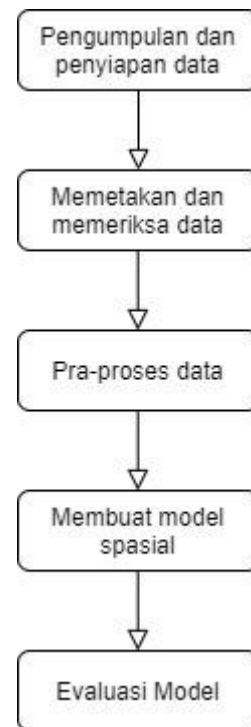
Analisis data spasiotemporal adalah area penelitian yang muncul karena pengembangan dan penerapan teknik komputasi baru yang memungkinkan analisis database spasiotemporal yang besar. Model spasiotemporal muncul ketika data dikumpulkan melintasi waktu serta ruang dan memiliki setidaknya satu properti spasial dan satu temporal. Peristiwa dalam dataset spatiotemporal menggambarkan fenomena spasial dan temporal yang ada pada waktu t dan lokasi x tertentu. metode, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan.

2.1 Ketahanan Bencana

Menyusul bencana baru-baru ini seperti badai Katrina (2005) dan Sandy (2012) di AS, konsep ketahanan telah muncul secara global sebagai paradigma baru manajemen risiko dan mitigasi bencana. Istilah ketahanan telah didefinisikan dalam banyak hal sebagaimana telah dibahas di tempat lain [14]. Mengenai ketahanan perkotaan secara lebih spesifik, Meerow et al. (2016) mencatat bahwa konsep tersebut juga dicirikan oleh ketegangan konseptual dan mereka mengusulkan definisi yang luas berdasarkan tinjauan literatur: "Ketahanan perkotaan mengacu pada kemampuan sistem perkotaan-dan semua penyusunnya sosio-ekologis dan sosio- jaringan teknis lintas skala ruang dan waktu untuk mempertahankan atau dengan cepat kembali ke fungsi yang diinginkan dalam menghadapi gangguan, untuk beradaptasi dengan perubahan, dan dengan cepat mengubah sistem yang membatasi kapasitas adaptif saat ini atau di masa depan [14]. Definisi ini menyoroti fakta bahwa ketahanan memiliki properti sistemik dan menyiratkan pertimbangan yang lebih besar dari variabel waktu.

3. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan pada penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian di Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Langkah 1: Kumpulkan dan Siapkan Data

Persyaratan utamanya adalah bahwa semua data harus ditautkan ke komponen spasial dan temporal. Data spasial dapat dianalisis pada berbagai tingkatan, kode pos, jalur sensus, negara bagian, geocode, dll. Data temporal sering dianalisis sebagai beberapa titik data per pengamatan dari waktu ke waktu dan dapat diukur dengan banyak cara seperti data spasial, jika tidak lebih. Seseorang juga dapat melihat kejadian berdasarkan tahun, bulan, menit, detik, tetapi ini juga harus dikaitkan dengan data spasial. Banyaknya pilihan tentang bagaimana mendefinisikan data spasial dan temporal merupakan tantangan, terutama ketika Anda ingin membandingkan hasil Anda dengan studi lain atau membuatnya dapat diterapkan pada populasi lain.

Langkah 2: Petakan dan Periksa

Setelah memiliki data, seperti dalam semua studi berbasis data, langkah kunci berikutnya adalah mulai memeriksa data. Sama seperti ketika menjalankan frekuensi sederhana atau tab silang untuk menjelajahi bentuk data lain, akan dilakukan pendekatan umum yang sama dengan data spasiotemporal. Selain analisis data deskriptif, data juga diperiksa dengan menggunakan peta deskriptif sederhana. Dengan melakukan ini, kita bisa

mendapatkan visualisasi yang jelas tentang karakteristik atau tren penting yang mungkin terkait dengan data spasial yang mungkin tidak kita lihat hanya dengan melihat datanya.

Langkah 3: Pra-Proses

Data spasiotemporal mungkin sering perlu diubah sebelum dianalisis. Jika perlu, gunakan teknik untuk memusatkan data dan gunakan transformasi untuk membuat data sesuai dengan distribusi normal. Aspek kunci lainnya adalah menguji non-independen dari observasi terkait spasial. Pengelompokan merupakan hal yang penting, kita dapat menggunakan metode yang berbeda. Berbagai cara pengelompokan diantaranya adalah:

- Pengelompokan spasial berdasarkan nilai atribut non spasial objek ST
- Pengelompokan objek bergerak
- Pengelompokan kepadatan

Jika pengelompokan ditemukan, mungkin perlu mengubah data menggunakan algoritma yang mengekstrak kluster statistik potensial. Seringkali dalam data spasiotemporal masalah yang dapat menimbulkan bias adalah adanya autokorelasi. Ini berasal dari persyaratan tentang model analitik bahwa semua objek spasial tidak bergantung satu sama lain dan semua data temporal tidak bergantung padanya.

Langkah 4: Menentukan dan Membuat Model Struktur Spasial

Langkah selanjutnya adalah membuat model struktur spasial. Ada banyak model yang disimpan dalam kerangka spasiotemporal dan dapat digunakan untuk jenis analisis ini.

Langkah 5: Evaluasi Model

Untuk mengevaluasi kualitas model, analisis kemudian menguji model. Distribusi temporal dieksplorasi melalui tampilan grafik waktu dan distribusi spasial melalui tampilan peta. Sebuah model dianggap dibuat dengan benar atau menangkap ciri-ciri umum variasi spasiotemporal ketika tidak ada pola ruang dan waktu yang jelas, atau dengan kata lain, distribusi untuk setiap dimensi muncul sebagai derau acak. Setelah model dibuat, disesuaikan, dan keluarannya diperiksa dengan memuaskan, hasilnya dapat digunakan dalam analisis risiko dan pengambilan keputusan.

4. Hasil dan Pembahasan

Mempelajari tren evolusi temporal dan spasial pada gempa bumi di suatu daerah bermanfaat untuk menentukan risiko gempa bumi di daerah tersebut sehingga pemerintah daerah dapat membuat keputusan yang tepat untuk pencegahan dan pengurangan bencana. Memahami, menganalisis,

mengukur, dan memvisualisasikan kompleksitas kerentanan yang disebabkan oleh berbagai bencana alam adalah tugas pengurangan risiko bencana yang paling menantang. Ini memfasilitasi manajer darurat, perencana, dan pembuat kebijakan untuk mengambil tindakan dan kebijakan yang bijaksana untuk meminimalkan dampak bahaya alam dan risiko lain yang muncul.

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data dari USGS (United States Geological Survey), yang menyediakan data gempa bumi yang terjadi di seluruh dunia dan dapat di akses melalui <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>.

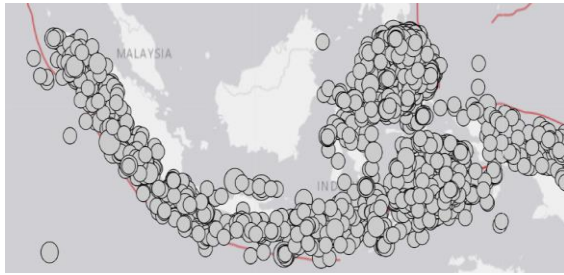
Bahasa pemrograman Python dan beberapa library untuk python seperti Pandas, Numpy, Scipy, dan matplotlib digunakan dalam penelitian ini.

Untuk penelitian ini, kami telah mengekstrak data untuk gempa bumi selama tahun 2020 di Indonesia dalam format CSV. Data tersebut terdiri atas 1880 record data. Terdapat 22 kolom data seperti time, latitude, longitude sampai magSource seperti terlihat pada gambar 2.

time	object
latitude	float64
longitude	float64
depth	float64
mag	float64
magType	object
nst	float64
gap	int64
dmin	float64
rms	float64
net	object
id	object
updated	object
place	object
type	object
horizontalError	float64
depthError	float64
magError	float64
magNst	int64
status	object
locationSource	object
magSource	object
dtype:	object

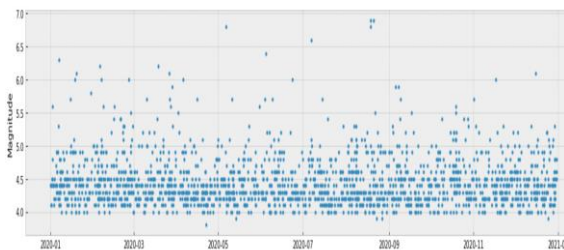
Gambar 2. Kolom data dari dataset

Sebaran gempa bumi selama tahun 2020 di Indonesia dapat dilihat pada gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa gempa bumi terjadi hampir di seluruh bagian di Indonesia. Dari mulai ujung barat sampai ujung timur, dari mulai ujung utara sampai selatan. Hal ini, mencerminkan bahwa hampir seluruh wilayah di Indonesia rentan terhadap terjadinya bencana Gempa bumi.



Gambar 3. Sebaran gempa bumi di Indonesia selama tahun 2020

Setelah dilihat sebaran gempa, kemudian dilakukan plot data untuk melihat apakah kita dapat mengidentifikasi pola yang terlihat.



Gambar 4. Pola Kejadian Gempa

Gempa bumi adalah fenomena akumulasi lambat dan kemudian pelepasan energi yang cepat di kerak. Ketika energi di kerak bumi di suatu wilayah tertentu berada dalam periode akumulasi, kegempaan di wilayah tersebut lemah, frekuensi kejadian gempa rendah, dan risiko gempa rendah; Sebaliknya, pada saat energi dalam periode pelepasan, kegempaan di daerah ini kuat, frekuensi kejadian gempa relatif tinggi, dan risiko gempa tinggi. Menurut standar internasional magnitudo Richter, kejadian gempa berkekuatan 4,5 atau lebih adalah gempa bumi dengan kekuatan sedang, yang dapat membahayakan bangunan dan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari perubahan frekuensi kejadian gempa dengan magnitudo 4,5 atau lebih. Dari gambar 4, plotting sebaran waktu kejadian gempa bumi, dapat terlihat pola dari waktu kejadian gempa yang ada.

Perkiraan besaran untuk gempa tertentu dapat bervariasi antara lembaga pelaporan karena perbedaan metodologi, ketersediaan data, dan ketidakpastian yang melekat pada data seismik. Masing-masing lembaga menggunakan prosedur estimasi besaran yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik lembaga dan kemampuan pemantauan. Bahkan untuk kejadian yang direkam dengan baik, perbedaan dalam besaran 0,2 atau 0,3 unit adalah hal yang umum dan

mewakili ketidakpastian yang melekat pada proses estimasi besarnya.

Mendapatkan ukuran yang akurat dari ukuran gempa itu sulit. Gempa bumi adalah proses kompleks yang terjadi di bawah permukaan bumi jauh dari pengamatan dan pengukuran langsung. Menentukan satu angka untuk mewakili ukuran gempa memiliki ketidakpastian yang melekat karena asumsi kami tentang materi di mana mereka terjadi dan ketidakmampuan kami untuk sepenuhnya merekonstruksi proses tersebut.

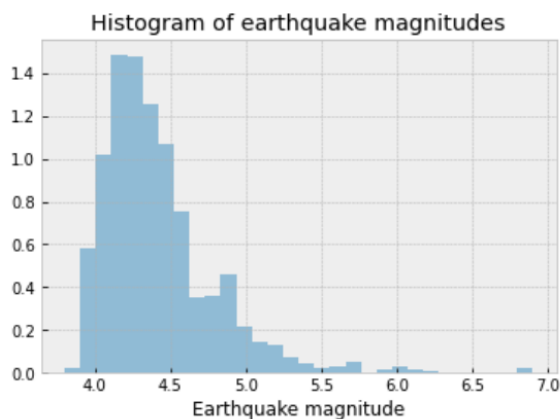
Beberapa metode digunakan untuk memperkirakan besarnya. Pada dasarnya metode perhitungan yang berbeda ditentukan oleh jenis besarnya. Beberapa jenis magnitudo dihitung untuk memberikan perbandingan yang konsisten dengan gempa bumi masa lalu, yang teknik modernnya tidak dapat diterapkan. Upaya telah dilakukan untuk mengkalibrasi magnitudo ini ke Skala Richter asli, tetapi karena teknik yang berbeda sering mengukur proses fisik yang berbeda, mungkin ada perbedaan besar antara jenis magnitudo yang berbeda yang dihitung untuk gempa yang sama. Perbedaan ini bisa sebesar 0,5 bahkan dalam rentang besaran di mana kedua teknik dianggap valid. Beberapa jenis magnitudo cepat untuk dihitung dan dapat sepenuhnya otomatis, sementara yang lain memerlukan pemrosesan manual oleh ahli seismologi terlatih.

Bahkan untuk jenis magnitudo tertentu, bisa ada perbedaan dalam perkiraan magnitudo dari lembaga yang berbeda. Perbedaan ini umumnya muncul karena penggunaan model Earth yang berbeda, ketersediaan data, dan pemrosesan data. USGS National Earthquake Information Center melaporkan gempa bumi di seluruh dunia. Mereka mengupayakan konsistensi global dalam metode yang digunakan untuk menghitung parameter gempa. Pendekatan ini membutuhkan proses yang sistematis serta model yang lebih umum dari sifat fisik bumi. Jaringan seismik yang berfokus pada wilayah tertentu akan sering menyesuaikan model dasarnya dengan bidang minat dan riwayat pemantauannya.

Untuk mendapatkan informasi yang paling konsisten dan bermakna dari perkiraan besaran, peneliti dan pembuat kebijakan harus mempertimbangkan dan menentukan baik jenis besaran maupun sumber informasi tersebut. Misalnya, jaringan lokal umumnya merupakan sumber terbaik untuk kualitas informasi yang konsisten di wilayah tersebut sedangkan lembaga pemantau global seperti Pusat Informasi Gempa Nasional USGS dapat memberikan informasi berharga saat membandingkan gempa bumi di seluruh dunia.

Sama halnya dengan bidang lain, dengan bertambahnya magnitudo gempa, frekuensinya juga

berkurang. Akibatnya, hubungan antara magnitudo dan frekuensi gempa adalah terbalik[15]. Oleh karena itu, frekuensi maksimum adalah 14 untuk magnitudo 4,5 dan frekuensi minimum adalah 1 untuk magnitudo 7,0. Pada gambar 5 dapat dilihat Histogram dari magnitudes gempa bumi yang terjadi di Indonesia selama tahun 2020, dimana kekuatan gempa yang paling sering terjadi adalah di Skala 4 sampai 4.5 skala richter.



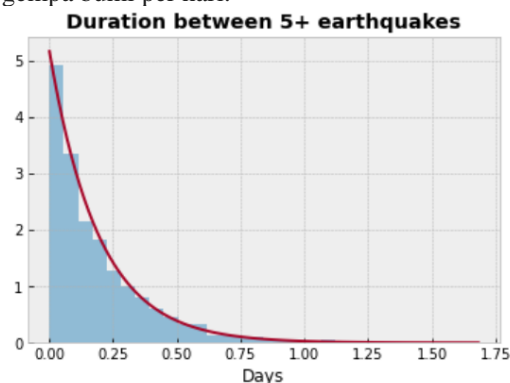
Gambar 5. Histogram dari Kekuatan gempa

Dengan menggunakan perintah di python seperti pada gambar 6, kita dapat mengetahui banyaknya kejadian gempa per hari di Indonesia Selama tahun 2020.

```
duration = data.time.max() - data.time.min()
density = len(data) / float(duration.days)
density # events per day
```

Gambar 6. Kejadian bencana per hari

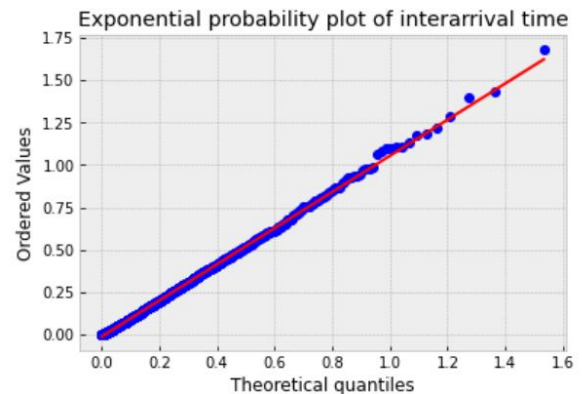
Setelah perintah tersebut di eksekusi, dapat diketahui bahwa terjadi 5.2 kejadian bencana gempa bumi per hari.



Gambar 7. Distribusi eksponensial dengan waktu antar kedatangan setiap gempa

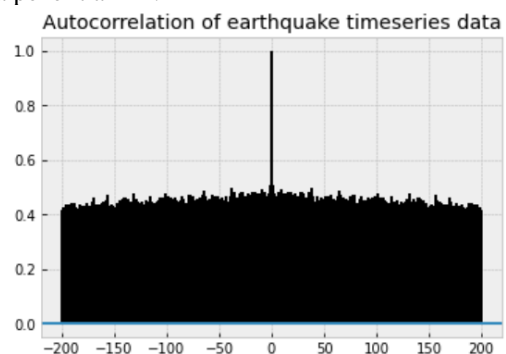
Selanjutnya didapatkan distribusi eksponensial dengan waktu antar kedatangan setiap gempa yang terjadi. Dapat dilihat pada gambar 7.

Waktu antar kejadian memang cocok dengan distribusi eksponensial seperti terlihat pada gambar 8. Untuk memeriksa, buat plot probabilitas terhadap distribusi eksponensial. Ini menunjukkan kuantil dari sampel penelitian ini terhadap kuantil dari distribusi teoritis. Jika titik-titik dekat dengan garis merah diagonal, sampel mengikuti distribusi dengan cermat.



Gambar 8. Plot probabilitas terhadap distribusi eksponensial

Pada gambar 9, sebuah correlogram atau plot autokorelasi menguji apakah elemen dari deret waktu berkorelasi positif, berkorelasi negatif, atau independen satu sama lain. Ini penting untuk mendeteksi tren atau siklus dalam data deret waktu. Autokorelasi spasial global adalah kriteria evaluasi korelasi antara variabel dan posisi spasialnya, yang mengukur hubungan antara atribut dan posisi fitur spasial. Menurut hukum geografi pertama Tobler, segala sesuatu terkait dengan segala sesuatu yang lain, dan hal-hal yang dekat lebih terkait daripada hal-hal yang jauh, yang bertepatan dengan definisi autokorelasi spasial global dari elemen titik. Indeks Moran global adalah indeks statistik populer autokorelasi spasial global, yang digunakan untuk menganalisis pola distribusi spasial objek penelitian di seluruh wilayah penelitian, apakah menunjukkan pola cluster, dan kesamaan secara keseluruhan. Pada gambar 9 dapat dilihat autocorrelation dari data bencana gempa bumi yang ada sesuai dataset pada penelitian ini.



Gambar 9. Autokorelasi dari data gempa

Pada gambar 9, terdapat tren yang terlihat dalam data deret waktu ini, dimana plot yang sama mengenai semua gempa bumi kemungkinan akan menunjukkan korelasi pada beberapa hari, karena gempa bumi besar cenderung memicu gempa susulan kecil di hari-hari berikutnya, atau terkadang gempa besar didahului oleh gempa kecil.

5. Kesimpulan

Gempa Bumi Besar dan konsekuensi tragisnya belakangan ini di lokasi berbeda di seluruh dunia, termasuk dalam hal ini di Indonesia membenarkan kebutuhan darurat untuk memasukkan analisis risiko gempa dalam praktik manajemen penanggulangan bencana. Mengintegrasikan analisis dampak risiko gempa bumi dalam praktik manajemen penanggulangan bencana menjadi hal yang sangat penting. Studi ini menyajikan pendekatan yang sederhana dan ilmiah melalui analisis spasial temporal dari data gempa bumi yang ada di Indonesia selama kurun waktu 2020.

Temuan penelitian ini diharapkan dapat membantu otoritas manajemen bencana di Indonesia dalam mengidentifikasi zona risiko, memvisualisasikan risiko bahaya untuk interpretasi yang lebih mudah, optimalisasi sumber daya dengan menargetkan kerentanan, dan memutuskan intervensi perencanaan dan pengendalian atas dampak bencana yang mungkin terjadi.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memberikan pendanaan atas penelitian yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] M. N. I. Sarker, Y. Peng, C. Yiran, and R. C. Shouse, "Disaster resilience through big data: Way to environmental sustainability," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 51, no. July, p. 101769, 2020, doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101769.
- [2] UNISDR and WMO, "Disaster risk and resilience," *UN Syst. Task Team Post-2015 UN Dev. Agenda. United Nations Off. Disaster Risk Reduction. World Meteorol. Organ.*, no. May, 2012.
- [3] D. J. Parker, "Disaster resilience—a challenged science," *Environmental Hazards*, vol. 19, no. 1, 2020, doi: 10.1080/17477891.2019.1694857.
- [4] C. L. Pandey, "Making communities disaster resilient: Challenges and prospects for community engagement in Nepal," *Disaster Prev. Manag. An Int. J.*, vol. 28, no. 1, 2019, doi: 10.1108/DPM-05-2018-0156.
- [5] C. Folke, "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 16, no. 3, 2006, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002.
- [6] J. M. Cariolet, M. Vuillet, and Y. Diab, "Mapping urban resilience to disasters – A review," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 51, no. May, p. 101746, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101746.
- [7] S. Meerow and J. P. Newell, "Resilience and Complexity: A Bibliometric Review and Prospects for Industrial Ecology," *J. Ind. Ecol.*, vol. 19, no. 2, pp. 236–251, 2015, doi: 10.1111/jieec.12252.
- [8] A. K. Ningsih and A. I. Hadiana, "Disaster Tweets Classification in Disaster Response using Bidirectional Encoder Representations from Transformer (BERT)," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1115, no. 1, p. 012032, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1115/1/012032.
- [9] F. E. Taylor, J. D. A. Millington, E. Jacob, B. D. Malamud, and M. Pelling, "Messy maps: Qualitative GIS representations of resilience," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 198, no. August 2019, 2020, doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.103771.
- [10] Y. H. Chrisnanto, F. Renaldi, N. Z. Afsyari, and A. I. Hadiana, "GIS-based ranking and categorization of potential impact on drought as disaster mitigation effort in Bandung Barat Regency (KBB) using Simple Additive Weighting (SAW)," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 3, p. 032043, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/3/032043.
- [11] L. Barbarossa, V. Pappalardo, and F. Martinico, "Building the resilient city . Strategies and tools for the city masterplan," *Upl. – J. Urban Planning, Landsc. Environ. Des.*, vol. 3, no. 2, pp. 15–24, 2018, doi: 10.6092/2531-9906/6099.
- [12] M. Pavlovskaya, "Qualitative GIS," *Int. Encycl. Geogr. People, Earth, Environ. Technol.*, no. December 2016, pp. 1–11, 2017, doi: 10.1002/9781118786352.wbieg1156.
- [13] J. Heesen, D. F. Lorenz, M. Nagenborg, B. Wenzel, and M. Voss, "Blind Spots on Achilles' Heel: The Limitations of Vulnerability and Resilience Mapping in Research," *Int. J. Disaster Risk Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 74–85, 2014, doi: 10.1007/s13753-014-0014-5.
- [14] S. Meerow, J. P. Newell, and M. Stults, "Defining urban resilience: A review," *Landscape and Urban Planning*, vol. 147, 2016, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.11.011.
- [15] D. Fereidooni, "Seismic hazard assessment of the city of Khoy and its vicinity, NW of Iran," *Int. J. Geotech. Earthq. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–27, 2015, doi: 10.4018/IJGEE.2015010102.