

Analisis Kerusakan Rumah dan Fasilitas Akibat Gempa dan Tsunami di Indonesia dengan Visualisasi untuk Perencanaan Mitigasi Bencana yang Berkelanjutan

Bramantyo Wishnu Mukti
Program Studi Sistem Informasi
Universitas Multimedia Nusantara
Tangerang, Indonesia
bramantyo.wishnu@student.umn.ac.id

Abstrak— Di Indonesia, gempa bumi dan tsunami terjadi secara teratur, sebagai konsekuensi dari posisinya di sepanjang Cincin Api Pasifik. Studi ini menggunakan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah, yang disajikan melalui Tableau, untuk meneliti pola bencana-bencana ini selama dua puluh tahun terakhir. Tujuannya adalah untuk menjelaskan dampak dan kerusakan yang terjadi, serta memberikan wawasan yang dapat membantu dalam perencanaan yang lebih baik untuk bencana di masa mendatang. Visualisasi tersebut mengungkap di mana dan kapan peristiwa ini terjadi, serta merinci dampaknya terhadap jiwa dan infrastruktur. Studi ini menyarankan cara-cara untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana. Wawasan ini dimaksudkan untuk mendukung upaya pemerintah dan masyarakat dalam membangun ketahanan terhadap bencana di masa mendatang.

Kata Kunci—Gempa Bumi, Tsunami, Visualisasi, Mitigasi Bencana, Dampak.

I. PENDAHULUAN

Indonesia berada pada posisi yang genting. Negara ini terletak di persimpangan tiga lempeng tektonik besar seperti Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Gempa bumi dan tsunami terjadi di sini dengan keteraturan yang dahsyat, meninggalkan kehancuran tidak hanya pada bangunan dan struktur, tetapi juga pada tatanan masyarakat[1]. Banyak nyawa melayang. Rumah-rumah runtuh. Layanan penting terganggu.

Di kota-kota yang padat penduduk, korbannya lebih banyak, penderitaannya lebih dalam. Dalam beberapa tahun terakhir, telah ada kesadaran yang semakin besar akan perlunya kesiapsiagaan bencana yang komprehensif[2]. Namun, jalan yang ditempuh penuh dengan kesulitan. Pendanaan terbatas, lembaga-lembaga sering gagal bekerja sama, dan banyak yang tidak menyadari bahaya yang mengancam. Perencanaan yang cermat dan berdasarkan data sangat penting jika risiko ingin dikurangi dan dampak bencana dapat dikurangi.

Garis pantai negara ini, yang berbatasan dengan Samudra Hindia dan Pasifik, sangat rentan terhadap ancaman tsunami yang tiada henti[3]. Pantai barat Sumatera, Jawa bagian selatan, dan Nusa Tenggara telah mengalami banyak kehancuran. Bumi bergetar berkali-kali, dan dengan setiap gempa, tantangan dalam persiapan menghadapi bencana berikutnya menjadi semakin rumit[4].

Pemetaan distribusi kejadian gempa dan tsunami di Indonesia dilakukan untuk menganalisis dampak bencana terhadap korban jiwa, fasilitas umum, dan rumah tinggal, serta

memberikan rekomendasi mitigasi berdasarkan hasil analisis visual. Pentingnya pendekatan berbasis teknologi dalam menghadapi tantangan mitigasi bencana yang semakin kompleks juga disoroti. Penekanan diberikan pada pentingnya kolaborasi antara pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, dan sektor swasta dalam mengatasi ancaman bencana[6].

Lebih jauh lagi, perhatian khusus diberikan pada bagaimana mitigasi dapat menjadi bagian integral dari pembangunan berkelanjutan. Dalam konteks ini, penguatan infrastruktur, edukasi masyarakat, dan pengembangan sistem peringatan dini menjadi prioritas utama[7].

Di sisi lain, pemberdayaan masyarakat lokal melalui pelatihan dan simulasi bencana diharapkan dapat meningkatkan tingkat kesiapan dan respons cepat terhadap ancaman gempa dan tsunami[8]. Dengan pendekatan ini, risiko dapat diminimalkan sekaligus memperkuat ketahanan masyarakat dalam jangka panjang.

Selain itu, penting untuk memahami bahwa mitigasi bencana bukan hanya tanggung jawab pemerintah, tetapi juga melibatkan partisipasi aktif dari seluruh elemen masyarakat[9]. Kesadaran akan risiko bencana harus ditanamkan sejak dini melalui pendidikan formal dan informal, sehingga generasi mendatang dapat lebih siap menghadapi tantangan ini. Program-program edukasi yang melibatkan simulasi bencana dan pelatihan tanggap darurat dapat membantu para masyarakat untuk dapat memahami langkah dan rencana yang perlu diambil saat bencana terjadi[10]. Masyarakat bukan hanya korban. Mereka menjadi kekuatan perubahan dalam melawan bencana.

Dalam menghadapi ancaman yang terus meningkat, penelitian dan pengembangan teknologi mitigasi bencana juga harus didorong[11]. Inovasi dalam sistem peringatan dini, pemantauan geologi, dan analisis data dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan tepat waktu, sehingga masyarakat dapat mengambil tindakan preventif yang diperlukan[12]. Dengan mengintegrasikan teknologi dan pengetahuan lokal, kita dapat menciptakan strategi mitigasi yang lebih efektif dan berkelanjutan[13]. Melalui kolaborasi yang kuat antara berbagai pihak, diharapkan Indonesia dapat membangun ketahanan yang lebih baik terhadap bencana, melindungi nyawa, dan meminimalkan kerugian yang ditimbulkan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data sekunder. Data mengenai kejadian gempa dan tsunami. Data yang diambil dari Badan Nasional Bencana dan

Badan Penanggulangan Bencana Daerah kemudian dianalisis. perangkat lunak Tableau untuk menghasilkan visualisasi yang informatif[14]. Tahapan metodologi meliputi beberapa hal sebagai berikut.

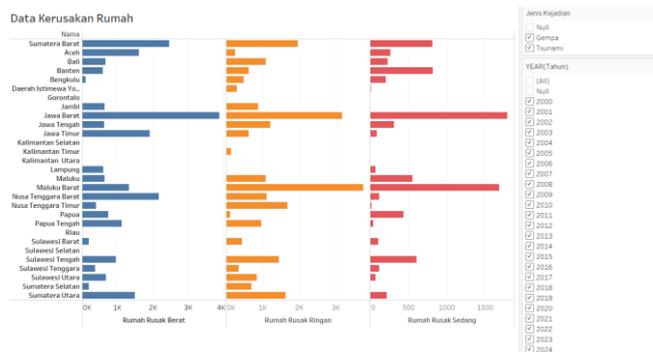
Pengumpulan Data; Data terkait gempa dan tsunami, termasuk jumlah kejadian, dampak terhadap korban, kerusakan fasilitas, dan rumah tinggal, diambil dari database resmi BPBD dan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana). Data ini mencakup kurun waktu dua dekade terakhir untuk memberikan gambaran tren jangka panjang. Data tambahan seperti karakteristik demografi wilayah terdampak juga digunakan untuk memberikan konteks lebih dalam.

Pengolahan Data; Data diklasifikasikan berdasarkan tahun kejadian, lokasi geografis, dan jenis dampak. Tahap ini melibatkan proses pembersihan data untuk memastikan akurasi. Selain itu, dilakukan pengkodean data untuk memungkinkan analisis *clustering* lebih lanjut[15].

Visualisasi; Data divisualisasikan dalam bentuk grafik batang, peta distribusi, dan diagram korelasi menggunakan Tableau. Visualisasi ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih intuitif dan mudah diinterpretasikan oleh berbagai pemangku kepentingan. Analisis visual mencakup distribusi spasial kejadian, intensitas dampak, dan korelasi antara variabel-variabel utama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi menunjukkan bahwa jumlah kejadian gempa meningkat secara signifikan setelah tahun 2015, dengan puncak tertinggi pada tahun 2018. Berdasarkan peta persebaran kerusakan fasilitas, terlihat bahwa Sumatera Barat mengalami kerusakan fasilitas tertinggi, mencapai 2.018 unit, diikuti oleh Sumatera Utara dengan 1.472 unit. Tren ini mengindikasikan perlunya prioritas alokasi sumber daya untuk mitigasi di wilayah-wilayah tersebut, terutama di Sumatera Barat yang menunjukkan frekuensi kejadian tertinggi dibandingkan wilayah lain.



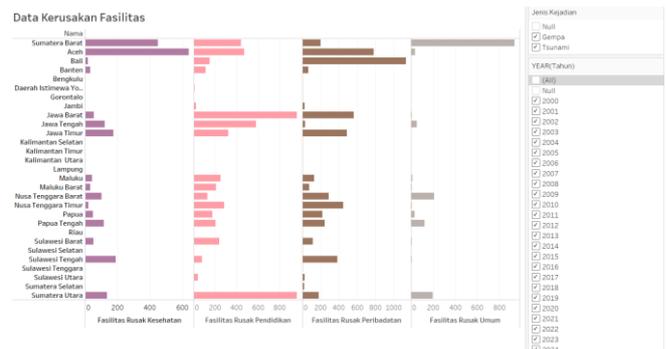
Gambar 1. Data Kerusakan Rumah Tahun 2000-2024

Data juga menunjukkan bahwa Sumatera Barat dan Sulawesi Tengah memiliki jumlah korban terdampak tertinggi. Korban meliputi korban luka, hilang, menderita, dan mengungsi. Dampak terbesar tercatat pada kejadian gempa besar seperti di Sulawesi Tengah tahun 2018 yang menyebabkan ribuan korban mengungsi. Selain itu, wilayah seperti Aceh mencatat jumlah korban hilang yang cukup signifikan akibat tsunami besar pada tahun 2004. Korban menderita sering kali terkait dengan kurangnya akses ke layanan kesehatan dan tempat pengungsian yang memadai.



Gambar 2. Map Total Persebaran Kerusakan Rumah

Kerusakan terbesar terjadi pada rumah tinggal, dengan Sumatera Barat mencatat 5.239 unit rumah rusak, diikuti oleh Sumatera Utara dengan 3.347 unit. Fasilitas kesehatan, pendidikan, dan peribadatan juga mengalami kerusakan yang signifikan. Beberapa daerah menunjukkan kerusakan yang berulang kali terjadi, menunjukkan kerentanan struktural yang perlu ditangani. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa daerah dengan infrastruktur yang lebih tua lebih rentan terhadap kerusakan besar selama gempa besar.



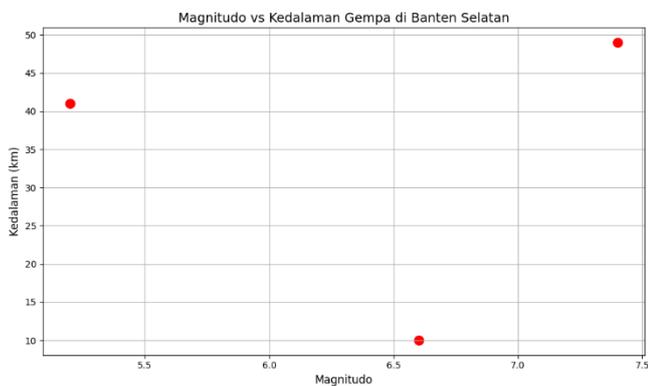
Gambar 3. Data Kerusakan Fasilitas Tahun 2000-2024

Analisis cluster menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat kerusakan tinggi pada rumah tinggal juga memiliki tingkat kerusakan tinggi pada fasilitas umum, menandakan perlunya mitigasi prioritas di wilayah tersebut. Clustering ini membantu dalam mengidentifikasi wilayah dengan risiko tinggi dan mengarahkan intervensi kebijakan secara lebih tepat sasaran. Wilayah seperti Maluku dan Sulawesi Tengah menunjukkan cluster dengan tingkat kerusakan yang sangat tinggi, membutuhkan perhatian khusus dalam alokasi sumber daya mitigasi.



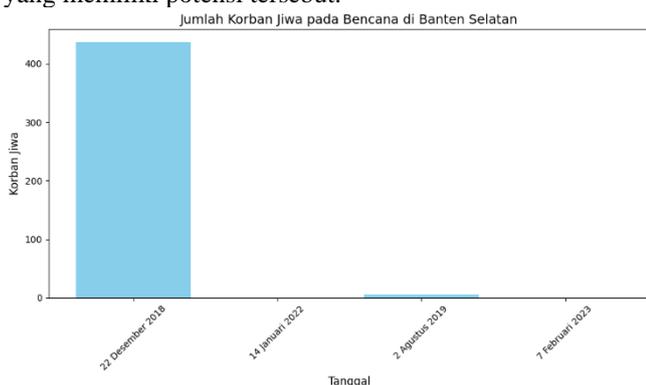
Gambar 4. Dashboard Kerusakan Rumah

Selain analisis dampak, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa faktor yang memengaruhi tingkat kerusakan, seperti kepadatan populasi, kualitas infrastruktur, dan kecepatan tanggap darurat. Wilayah dengan tingkat kesiapsiagaan tinggi menunjukkan dampak yang relatif lebih rendah meskipun menghadapi gempa berkekuatan besar. Implementasi teknologi mitigasi, seperti sistem peringatan dini dan pembangunan infrastruktur tahan gempa, memainkan peran penting dalam mengurangi risiko secara signifikan.



Gambar 5. Magnitudo dan Kedalaman Gempa di Banten Selatan

Gempa bumi di Banten Selatan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas tektonik pada zona subduksi antara lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Mekanisme patahan naik (thrust fault) mendominasi jenis gempa di wilayah ini, sebagaimana terlihat pada gempa-gempa seperti Gempa 25 Februari 2024 dengan magnitudo 5,7 dan kedalaman 43 km 1 dan Gempa 2 Agustus 2019 dengan magnitudo 6,9 dan kedalaman 49 km 12. Gempa-gempa ini umumnya tergolong dangkal (kedalaman <70 km), sehingga getarannya terasa kuat di permukaan. Intensitasnya berkisar antara IV hingga VI MMI, menyebabkan kerusakan ringan hingga sedang pada bangunan. Namun, tidak semua gempa memicu tsunami; hanya gempa dengan magnitudo besar, kedalaman dangkal, dan pergeseran vertikal signifikan yang memiliki potensi tersebut.



Gambar 6. Jumlah Korban Jiwa di Banten Selatan

Salah satu peristiwa tsunami paling signifikan adalah tsunami Selat Sunda pada 22 Desember 2018. Tidak seperti tsunami akibat gempa bumi, bencana ini dipicu oleh longoran bawah laut yang disebabkan oleh erupsi Gunung Anak Krakatau. Tsunami ini memiliki karakteristik unik seperti Tinggi gelombang mencapai 13 meter di beberapa lokasi 24. Menyebabkan kerusakan parah pada infrastruktur,

termasuk lebih dari 882 rumah rusak berat dan ratusan kapal hancur 25.

Korban jiwa mencapai 437 orang meninggal dunia, dengan lebih dari 14.059 orang luka-luka dan ribuan lainnya mengungsi 4. Peristiwa ini menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik juga menjadi ancaman besar bagi wilayah pesisir Banten Selatan, terutama karena sulitnya memberikan peringatan dini untuk tsunami non-tektonik.

Bencana gempa bumi dan tsunami membawa dampak signifikan terhadap masyarakat Banten Selatan seperti ribuan rumah, fasilitas umum, kendaraan, serta kapal nelayan rusak akibat gempa dan tsunami. Di Pandeglang saja, sebanyak 446 rumah rusak berat akibat tsunami Selat Sunda 25. Selain korban meninggal dunia, banyak penduduk mengalami luka-luka serius dan kehilangan tempat tinggal. Trauma psikologis juga menjadi masalah jangka panjang. Kerugian ekonomi seperti kerusakan fisik berdampak langsung pada sektor ekonomi lokal, terutama pariwisata di kawasan pantai seperti Tanjung Lesung yang terdampak parah.

Berdasarkan analisis data historis dan pola bencana, BMKG telah mengembangkan sistem peringatan dini untuk gempa bumi tektonik yang berpotensi tsunami. Namun, kasus tsunami vulkanik seperti pada tahun 2018 menunjukkan perlunya integrasi data vulkanologi dalam sistem peringatan dini 56. Masyarakat pesisir perlu mendapatkan pelatihan evakuasi dan pemahaman tentang tanda-tanda awal bencana. Bangunan tahan gempa harus menjadi prioritas di wilayah rawan bencana seperti Banten Selatan.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gempa bumi dan tsunami memiliki dampak yang signifikan terhadap masyarakat Indonesia, terutama di wilayah-wilayah tertentu seperti Sumatera Barat dan Papua Tengah. Visualisasi data memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan mitigasi yang lebih efektif.

Banten Selatan merupakan wilayah dengan risiko tinggi terhadap gempa bumi dan tsunami akibat lokasinya yang berada di zona subduksi aktif serta dekat dengan Gunung Anak Krakatau. Analisis menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar gempa tidak memicu tsunami, potensi bencana tetap tinggi karena kombinasi faktor tektonik dan vulkanik. Peristiwa seperti tsunami Selat Sunda 2018 menegaskan pentingnya mitigasi berbasis sains untuk mengurangi dampak bencana di masa depan. Dengan memahami pola kejadian bencana melalui data historis serta meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan infrastruktur lokal, risiko kerugian akibat bencana dapat diminimalkan secara signifikan.

Tren peningkatan kejadian gempa setelah tahun 2015 menunjukkan urgensi untuk memperkuat sistem peringatan dini dan kesiapan masyarakat di wilayah rawan. Wilayah dengan tingkat kerusakan tinggi membutuhkan perhatian lebih dalam hal penguatan infrastruktur tahan gempa, seperti rumah tinggal dan fasilitas publik.

Edukasi masyarakat tentang kesiapsiagaan bencana perlu ditingkatkan untuk mengurangi risiko korban jiwa dan kerugian material. Pengembangan teknologi berbasis data, seperti visualisasi dan analitik, dapat menjadi alat yang efektif

untuk mendukung pengambilan keputusan kebijakan mitigasi bencana. Sangat penting bagi pemerintah, masyarakat setempat, dan pelaku bisnis untuk bekerja sama. Hanya melalui upaya bersama mereka, kita dapat menyusun rencana yang bertahan lama dan melindungi masa depan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pembuat kebijakan dalam merancang strategi mitigasi bencana yang berkelanjutan. Dengan pendekatan berbasis data, Indonesia dapat meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam yang tidak terduga. Langkah-langkah ini menyelamatkan nyawa dan menjaga fondasi sosial dan ekonomi yang dibutuhkan bangsa untuk tumbuh.