

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat risiko bencana alam yang tinggi[1], terutama akibat letak geografisnya yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik[2]. Salah satu dampak dari kondisi geologis ini adalah tingginya aktivitas seismik yang sering kali memicu bencana seperti gempa bumi dan tsunami[3]. Wilayah pesisir Indonesia, termasuk Lebak Selatan di Provinsi Banten, merupakan salah satu daerah yang memiliki risiko tinggi terhadap bencana tsunami[4].

Lebak Selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia dan berada di jalur subduksi megathrust yang berpotensi menimbulkan gempa besar serta tsunami. Berdasarkan penelitian dan pemodelan yang dilakukan oleh berbagai lembaga, wilayah ini memiliki kemungkinan terdampak jika terjadi gempa besar di sepanjang zona subduksi selatan Jawa[5]. Dengan adanya ancaman ini, upaya mitigasi bencana menjadi aspek yang sangat penting untuk dilakukan guna meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat serta mengurangi potensi dampak yang merugikan, baik dalam bentuk korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur.

Sebagai respons terhadap potensi ancaman ini, berbagai inisiatif mitigasi telah dilakukan oleh pemerintah, organisasi non-pemerintah, serta komunitas lokal. Salah satu komunitas yang aktif dalam upaya mitigasi bencana di wilayah ini adalah **Gugus Mitigasi Lebak Selatan (GMLS)**. GMLS merupakan organisasi berbasis komunitas yang didirikan dengan tujuan utama untuk meningkatkan kesadaran, kesiapsiagaan, dan ketangguhan masyarakat dalam menghadapi bencana alam, khususnya tsunami. Berbeda dengan pendekatan top-down yang sering kali dilakukan oleh pemerintah, GMLS mengadopsi pendekatan berbasis komunitas yang lebih memberdayakan masyarakat lokal dalam upaya mitigasi bencana.

Dalam menjalankan misinya, GMLS menyelenggarakan berbagai program yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap risiko bencana serta membangun kapasitas mereka dalam menghadapi dan merespons situasi darurat secara efektif. Dua program utama yang dijalankan oleh GMLS adalah **Program Tsunami Ready** dan **Program Community Resilience**. Program Tsunami Ready merupakan inisiatif yang mengacu pada 12 indikator kesiapsiagaan tsunami yang ditetapkan oleh Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO (IOC-UNESCO). Program ini mencakup berbagai kegiatan seperti edukasi masyarakat, pelatihan evakuasi, pemetaan jalur evakuasi, serta pemasangan rambu-rambu evakuasi di wilayah yang berisiko tinggi. Sementara itu, Program Community Resilience bertujuan untuk membangun ketahanan masyarakat secara menyeluruh dengan memperkuat lima aspek utama, yaitu ketahanan fisik, ekonomi, kelembagaan, lingkungan, dan sosial[6].

Berbagai studi menunjukkan bahwa mitigasi bencana berbasis komunitas merupakan salah satu pendekatan yang paling efektif dalam meningkatkan kesiapsiagaan dan mengurangi dampak bencana[7]. Negara-negara seperti Jepang, Amerika Serikat, dan Filipina telah mengadopsi strategi berbasis teknologi serta partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan mitigasi[8][9][10]. Jepang menggunakan sistem peringatan dini yang sangat canggih berbasis sensor seismik dan pemodelan tsunami real-time[11]. Selain itu, Jepang memiliki infrastruktur mitigasi seperti tanggul laut dan jalur evakuasi yang dirancang berdasarkan analisis geospasial[12]. Amerika Serikat mengembangkan platform berbasis GIS (Geographic Information System) yang memungkinkan pemetaan daerah rawan tsunami serta integrasi dengan sistem tanggap darurat[13]. Filipina menerapkan pendekatan berbasis komunitas dengan membentuk kelompok tanggap bencana lokal yang bekerja sama dengan pemerintah untuk meningkatkan kesiapsiagaan Masyarakat[14].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pendekatan yang paling efektif dalam mitigasi tsunami adalah kombinasi antara pemanfaatan teknologi geospasial dan partisipasi komunitas dalam penyusunan strategi mitigasi. Kajian oleh Mahmud et

al. (2022) menunjukkan bahwa pemetaan risiko berbasis data dapat meningkatkan ketepatan dalam menentukan zona aman dan jalur evakuasi[15], sementara studi oleh Adriani et al. (2024) menekankan pentingnya keterlibatan masyarakat dalam simulasi dan pelatihan kesiapsiagaan[16].

Dalam rangka mendukung upaya mitigasi yang berbasis data, salah satu metode yang sangat berperan dalam penyusunan strategi mitigasi bencana adalah analisis geospasial. Analisis geospasial memungkinkan pemetaan wilayah rawan bencana, identifikasi pola risiko, serta penyusunan rekomendasi berbasis data yang lebih akurat dan efektif. Teknologi ini memungkinkan pemanfaatan data spasial yang dikombinasikan dengan algoritma pemrosesan untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam perencanaan mitigasi, respons darurat, serta pemulihan pasca-bencana.

Sebagai bagian dari program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM), saya berkesempatan untuk menjalani kerja magang di GMLS guna mendukung implementasi strategi mitigasi berbasis data. Dalam masa magang ini, saya berperan dalam melakukan analisis geospasial menggunakan Python di Jupyter Notebook. Analisis ini bertujuan untuk membantu dalam pemetaan risiko bencana di wilayah Lebak Selatan serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih berbasis bukti (evidence-based decision making).

Adapun beberapa aspek yang menjadi fokus dalam analisis geospasial ini meliputi:

1. Pemetaan Zona Rawan Tsunami – Menggunakan data topografi, batimetri, dan historis kejadian tsunami untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap gelombang tsunami.
2. Membuat Peta Interaktif untuk Mitigasi Bencana – Memanfaatkan algoritma python dan library folium untuk merancang peta interaktif yang optimal bagi masyarakat agar mudah dipahami dan informatif.

Folium adalah sebuah pustaka (library) Python yang sangat kuat dan esensial dalam ekosistem analisis data, dirancang khusus untuk tujuan visualisasi data geospasial secara interaktif. Pada dasarnya, Folium berfungsi sebagai jembatan

yang memungkinkan para analis dan ilmuwan data untuk memanfaatkan kekuatan pustaka pemetaan JavaScript terkemuka, yaitu Leaflet.js, langsung dari dalam lingkungan Python. Dengan bertindak sebagai "pembungkus" (wrapper) untuk Leaflet.js, Folium menerjemahkan kode Python menjadi peta interaktif berbasis web (HTML, JavaScript, dan CSS) tanpa mengharuskan pengguna untuk menulis kode JavaScript secara manual. Keunggulan utamanya terletak pada integrasinya yang mulus dengan Jupyter Notebook. Integrasi ini memungkinkan peta yang dihasilkan oleh Folium untuk dirender dan ditampilkan secara langsung di dalam sel keluaran (output cell) notebook, menciptakan sebuah alur kerja yang dinamis dan sangat efisien untuk analisis geospasial eksploratif.

Penggunaan Folium dalam Jupyter Notebook secara fundamental mengubah cara analis berinteraksi dengan data spasial. Lingkungan interaktif notebook memungkinkan sebuah siklus kerja yang iteratif: seorang analis dapat memuat, membersihkan, dan memanipulasi data geospasial menggunakan pustaka seperti Pandas dan GeoPandas dalam satu sel, kemudian secara langsung memvisualisasikan hasilnya pada peta Folium di sel berikutnya. Proses yang cepat ini mempercepat identifikasi pola, anomali, dan hubungan spasial dalam data. Peta yang dihasilkan tidak bersifat statis; pengguna dapat melakukan zoom, pan, dan mengklik elemen-elemen pada peta untuk mendapatkan informasi lebih detail. Kemampuan untuk secara instan membuat dan memodifikasi visualisasi—seperti mengubah skema warna, menyesuaikan parameter, atau menambahkan set data yang berbeda—dan melihat hasilnya seketika di dalam notebook menjadikan Folium alat yang tak ternilai untuk validasi data dan pengujian hipotesis secara cepat dalam konteks geografi.

Secara fungsional, Folium menyediakan beragam fitur canggih untuk analisis geospasial. Pengguna dapat memulai dengan membuat peta dasar menggunakan berbagai penyedia lapisan ubin (tile layers) seperti OpenStreetMap, Stamen Toner, atau CartoDB Positron, yang memberikan konteks visual yang berbeda. Di atas peta dasar ini, berbagai jenis data dapat di-overlay. Fitur yang paling umum digunakan adalah penambahan penanda (markers) untuk merepresentasikan titik-titik lokasi

individual, seperti lokasi toko, sensor, atau insiden, di mana setiap penanda dapat dikustomisasi dengan ikon dan disertai jendela pop-up yang menampilkan informasi atributif ketika diklik. Lebih dari itu, Folium unggul dalam membuat visualisasi analitis yang lebih kompleks. Peta Choropleth, misalnya, dapat dengan mudah dibuat untuk menampilkan bagaimana suatu variabel statistik (seperti kepadatan penduduk, tingkat pendapatan, atau hasil pemilu) terdistribusi di seluruh wilayah geografis (misalnya, provinsi atau negara) dengan mewarnai setiap area sesuai dengan nilainya. Ini dicapai dengan menggabungkan data tabular dari DataFrame Pandas dengan data batas geografis dari file GeoJSON. Selain itu, Folium juga mendukung pembuatan Heatmap untuk memvisualisasikan kepadatan titik data, yang sangat berguna untuk mengidentifikasi "hotspot" atau area konsentrasi tinggi. Kemampuan untuk menambahkan objek geometris seperti garis (untuk rute), lingkaran, dan poligon (untuk zona) semakin memperkaya kapabilitas analisisnya.

Sebagai kesimpulan, Folium bukan sekadar alat untuk membuat peta, melainkan sebuah komponen krusial dalam perangkat modern ilmu data geospasial. Perannya sebagai penghubung antara analisis data backend di Python dan visualisasi frontend yang kaya dan interaktif di Jupyter Notebook memberdayakan analis untuk tidak hanya melakukan analisis spasial yang mendalam tetapi juga untuk mengkomunikasikan temuan mereka dengan cara yang sangat efektif dan mudah dipahami. Peta Folium yang interaktif dapat dengan mudah disimpan sebagai file HTML mandiri, memungkinkan hasil analisis untuk dibagikan kepada para pemangku kepentingan yang dapat menjelajahi data itu sendiri tanpa memerlukan akses ke lingkungan pemrograman. Dengan demikian, Folium secara signifikan meningkatkan nilai analisis geospasial dengan membuat wawasan yang terkandung di dalamnya menjadi lebih mudah diakses, diinterpretasikan, dan ditindaklanjuti.

Dengan adanya penerapan analisis geospasial dalam mitigasi bencana, diharapkan GMLS dapat meningkatkan efektivitas dalam perencanaan dan implementasi strategi mitigasi di wilayah Lebak Selatan. Selain itu, pengalaman

magang ini juga memberikan kesempatan bagi saya untuk mengembangkan keterampilan dalam pemrosesan data spasial serta memahami secara langsung bagaimana ilmu geospasial dapat diaplikasikan dalam konteks kemanusiaan dan kebencanaan.

Melalui kerja magang ini, saya berharap dapat berkontribusi dalam upaya peningkatan kesiapsiagaan masyarakat serta mendukung keberlanjutan program mitigasi bencana di wilayah Lebak Selatan. Lebih dari itu, magang ini juga menjadi pengalaman berharga dalam memperdalam pemahaman saya mengenai pentingnya kolaborasi antara teknologi, komunitas, dan pemerintah dalam menghadapi tantangan bencana di Indonesia.

Pemilihan bahasa pemrograman Python sebagai alat utama dalam proyek "Analisis Geospasial untuk Mitigasi Tsunami di Lebak Selatan" didasarkan pada beberapa keunggulan teknis yang selaras dengan tujuan proyek. Python, yang dijalankan dalam lingkungan Jupyter Notebook, menyediakan ekosistem yang kuat dan fleksibel untuk menangani seluruh alur kerja analisis geospasial secara efisien, mulai dari pengolahan data hingga visualisasi hasil akhir.

Alasan utama pemilihan Python adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan Pustaka Geospasial yang Komprehensif: Proyek ini sangat bergantung pada pustaka (library) khusus seperti GeoPandas untuk memanipulasi dan menganalisis data spasial (shapefile), dan Folium untuk menciptakan visualisasi peta yang interaktif. GeoPandas mempermudah proses pembacaan 50 shapefile dan melakukan analisis geoprocessing , sementara Folium menjadi kunci dalam menghasilkan peta interaktif berbasis web yang dapat dengan mudah digunakan oleh mitra (GMLS) untuk tujuan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat.
2. Otomatisasi dan Reprodusibilitas Analisis: Dengan menyusun alur kerja dalam bentuk skrip Python, keseluruhan proses analisis mulai dari pemuatan data, analisis buffer 5 km dari garis pantai, irisan (intersection) dengan data elevasi, hingga pembuatan peta menjadi terdokumentasi dengan baik dan

dapat direproduksi. Hal ini memastikan bahwa jika data baru tersedia di masa depan, analisis dapat diperbarui secara konsisten dengan menjalankan kembali skrip yang sama, sehingga mendukung keberlanjutan program mitigasi.

3. Lingkungan Kerja yang Terintegrasi dan Efisien: Jupyter Notebook menyediakan platform di mana kode, visualisasi, dan narasi dapat digabungkan dalam satu dokumen. Ini sangat mendukung proses analisis eksploratif yang iteratif, memungkinkan analisis untuk dengan cepat menguji berbagai pendekatan dan langsung melihat hasilnya, baik dalam bentuk peta statis menggunakan Matplotlib maupun peta interaktif dengan Folium.
4. Akses Terbuka dan Tanpa Biaya (Open-Source): Python beserta seluruh pustaka pendukungnya bersifat open-source dan dapat digunakan secara gratis. Aspek ini sangat krusial untuk proyek kemanusiaan yang bekerja sama dengan organisasi berbasis komunitas seperti GMLS, karena meniadakan hambatan biaya lisensi perangkat lunak yang mahal.

Sebagai perbandingan, analisis serupa dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak Geographic Information System (GIS) desktop seperti QGIS (yang juga bersifat open-source). Meskipun mampu melakukan analisis inti yang sama, terdapat perbedaan mendasar dalam alur kerja dan fleksibilitasnya, tabel 1.1 dibawah ini adalah tabel perbandingan python dan aplikasi desktop GIS:

Tabel 1.1 Tabel Perbandingan Python dan Aplikasi Desktop GIS

Fitur	Pendekatan Python (GeoPandas & Folium)	Pendekatan Desktop GIS (Contoh: QGIS)
Antarmuka Pengguna	Berbasis Kode (Code-Driven). Seluruh analisis dijalankan melalui penulisan skrip.	Berbasis Grafis (GUI-Driven). Interaksi utama melalui menu, toolbar, dan klik pada peta, lebih intuitif bagi non-programer.
Otomatisasi dan Reprodusibilitas	Sangat Tinggi. Alur kerja yang terskrip memastikan analisis yang konsisten dan mudah diperbarui di kemudian hari.	Moderat. QGIS memiliki Graphical Modeler untuk otomatisasi, namun alur kerja utamanya seringkali manual. Replikasi analisis kompleks memerlukan langkah-langkah tambahan.

Fleksibilitas dan Kostumisasi	Sangat Fleksibel. Dapat diintegrasikan dengan ribuan pustaka lain untuk analisis statistik, machine learning, atau pengembangan web, memungkinkan solusi yang sangat terkustomisasi.	Fleksibel dalam Kerangka GIS. Dapat diperluas melalui plugin, namun terbatas pada fungsionalitas yang berorientasi pada GIS.
Pembuatan Peta Web Interaktif	Proses yang Ramping. Pustaka seperti Folium dirancang khusus untuk menghasilkan file HTML peta interaktif secara langsung sebagai bagian dari alur kerja analisis	Memerlukan Langkah Tambahan. Pembuatan peta web biasanya merupakan proses terpisah setelah analisis selesai (misalnya menggunakan plugin qgis2web).

(Sumber: olahan peneliti, 2025)

1.2. Maksud dan Tujuan Kegiatan

Gugus Mitigasi Lebak Selatan (GMLS) membutuhkan peta karena beberapa alasan strategis yang mendasar untuk mendukung misi mereka dalam mitigasi bencana tsunami di Lebak Selatan. Peta yang dikembangkan dalam proyek ini berfungsi sebagai alat bantu visual berbasis data yang krusial. Berikut adalah alasan-alasan utama mengapa GMLS membutuhkan peta:

1. Mendukung Strategi Mitigasi Berbasis Data Akurat. Laporan ini mengidentifikasi bahwa kendala utama yang dihadapi GMLS adalah kebutuhan akan strategi mitigasi yang tidak hanya berbasis komunitas, tetapi juga didukung oleh data yang akurat untuk pengambilan keputusan.
2. Untuk Edukasi dan Sosialisasi Kepada Masyarakat. Peta, khususnya yang bersifat interaktif, merupakan alat yang sangat efektif untuk memberikan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat mengenai area yang rawan tsunami. Peta visual memudahkan warga memahami tingkat risiko di lingkungan mereka.
3. Perencanaan Evakuasi yang Lebih Efektif. Dengan memetakan zona rawan, lokasi pemukiman, serta infrastruktur penting seperti jalan, GMLS dapat merencanakan jalur evakuasi yang lebih optimal dan berbasis bukti (evidence-based).

4. Mengidentifikasi Wilayah dan Infrastruktur Berisiko. Proyek ini menghasilkan peta yang secara spesifik mengidentifikasi pemukiman dan infrastruktur penting yang berada di dalam zona bahaya tsunami. Informasi ini vital untuk menentukan prioritas dalam upaya mitigasi dan kesiapsiagaan.
5. Mendukung Program Kesiapsiagaan "Tsunami Ready" dan "Community Resilience". Pembuatan peta bahaya dan pemetaan jalur evakuasi merupakan salah satu dari 12 indikator yang harus dipenuhi dalam program Tsunami Ready yang dijalankan GMLS. Peta ini secara langsung berkontribusi pada pencapaian program tersebut.
6. Sebagai Basis Pengambilan Keputusan Berbasis Bukti. Peta menyediakan basis data spasial yang akurat bagi GMLS dan instansi terkait lainnya, seperti BPBD, untuk menyusun kebijakan mitigasi tsunami yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (evidence-based mitigation planning).

Pelaksanaan magang ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Mengembangkan kemampuan dalam melakukan analisis geospasial menggunakan teknologi dan pemrograman Python di Jupyter Notebook.
2. Mendukung upaya mitigasi bencana di Lebak Selatan melalui pemanfaatan data spasial guna meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat.
3. Meningkatkan pemahaman tentang manajemen risiko bencana serta strategi mitigasi yang berbasis komunitas.
4. Memperoleh pengalaman langsung dalam bekerja dengan komunitas lokal dan berkontribusi dalam proyek kemanusiaan yang berdampak nyata bagi masyarakat.
5. Membantu GMLS dalam mengolah data spasial untuk mendukung implementasi Program Tsunami Ready dan Community Resilience.

1.3. Waktu Pelaksanaan Proyek Kemanusiaan

Tabel 1.2 dan 1.3 dibawah ini menjelaskan waktu pelaksanaan kerja MBKM dan rincian proses pelaksanaan proyek kemanusiaan di GMLS:

Tabel 1.2 Waktu Pelaksanaan Proyek Kemanusiaan

Kegiatan	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai
Kunjungan Pertama	17 Februari 2025	26 Februari 2025
Kunjungan Kedua	14 April 2025	23 April 2025
Kunjungan Ketiga	19 Mei 2025	28 Mei 2025

(Sumber: olahan peneliti, 2025)

Tabel 1.3 Gantt Chart Proses Pelaksanaan Proyek Kemanusiaan

	Februari 2025	Maret 2025	April 2025	Mei 2025	Juni 2025
Kunjungan 1: Observasi & Perundingan					
Pengolahan Data & Perencanaan Awal					
Kunjungan 2: Pengumpulan & Validasi Data					
Analisis Inti & Pengembangan Visualisasi					
Kunjungan 3: Finalisasi & Uji Coba Hasil					
Implementasi Project					
Penyusunan Laporan					

Kunjungan Lapangan

Pengerjaan Proyek (Non-Kunjungan)