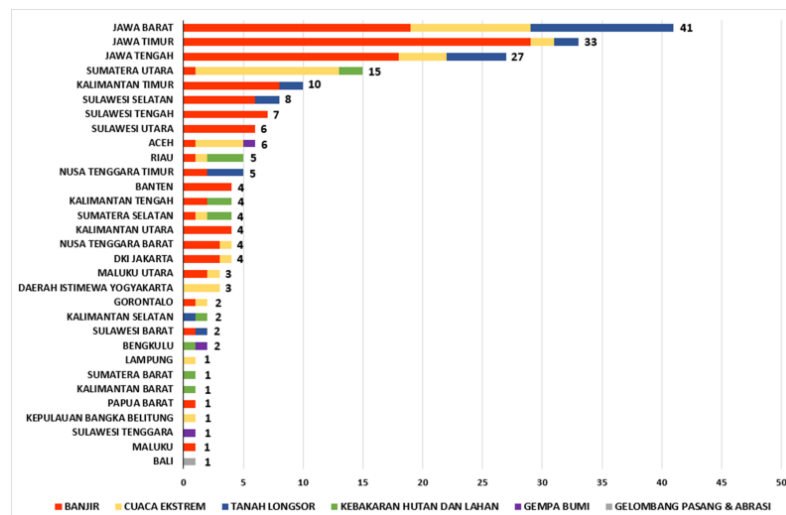


BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

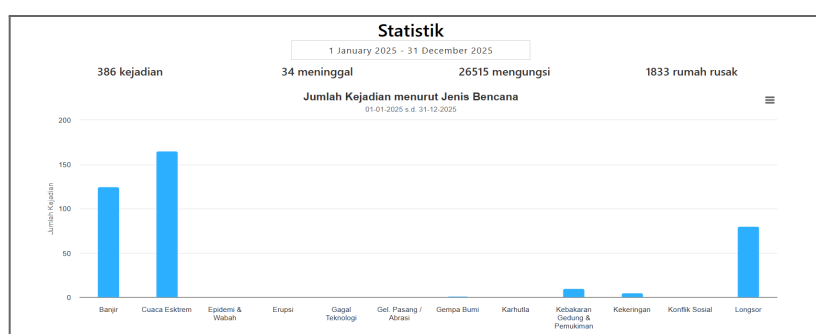
Indonesia merupakan negara kepulauan beriklim tropis yang memiliki risiko sangat tinggi terhadap bencana hidrometeorologi [1]. Sepanjang tahun 2024, menurut data dari website resmi, BNPB mencatat 3.472 kejadian bencana, di mana bencana hidrometeorologi mendominasi sebanyak 99.34%. Tingginya frekuensi bencana ini tidak terlepas dari dampak perubahan iklim global yang diperkuat oleh dinamika atmosfer seperti fenomena *La Nina* dan *Madden-Julian Oscillation* (MJO). Kondisi tersebut menyebabkan kerugian materiel hingga menelan korban jiwa, sehingga menuntut adanya prioritas mitigasi yang lebih terarah, terutama di wilayah dengan kerentanan tertinggi [2].



Gambar 1.1 Grafik Jumlah Kejadian Bencana per Provinsi

Berdasarkan data persebaran kejadian di Indonesia, Provinsi Jawa Tengah menempati peringkat ketiga tertinggi setelah Jawa Barat dan Jawa Timur dalam

hal frekuensi bencana hidrometeorologi. Pemilihan wilayah ini sebagai lokasi studi utama dilandasi oleh tingginya urgensi ancaman yang diperparah oleh tekanan pembangunan perkotaan secara masif. Konversi lahan hijau menjadi area terbangun terus meningkat seiring laju urbanisasi, seperti yang terjadi di Kota Surakarta dan Semarang. Hal ini menyebabkan hilangnya ratusan hektare Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berakibat langsung pada menurunnya kemampuan tanah dalam menyerap limpasan air hujan [3]. Selain itu, topografi Jawa Tengah yang didominasi dataran rendah di bagian utara menjadikannya sangat rentan terhadap banjir saat intensitas hujan meningkat tajam.



Gambar 1.2 Grafik Jumlah Bencana di Provinsi Jawa Tengah

Dalam merespons ancaman cuaca ekstrem, pemerintah telah mengupayakan berbagai langkah preventif, salah satunya melalui Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC). Namun, karena cakupan kepulauan Nusantara yang sangat luas, upaya tersebut belum dapat diterapkan secara merata dan maksimal [1]. Solusi mitigasi yang paling rasional dan dapat dijangkau langsung oleh masyarakat adalah penerapan peringatan dini yang presisi. Saat ini, skema yang ada masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem Nasional Peringatan Dini Kebencanaan (SNPDK) dari Kementerian Kominfo masih berfokus utama pada bencana geologi seperti

gempa bumi dan potensi tsunami. Sementara itu, aplikasi prakiraan cuaca seperti InfoBMKG telah memberikan informasi yang baik, namun belum terintegrasi secara spesifik dengan pemetaan spasial (WebGIS) tingkat kerawanan di level hiperlokal, serta belum dilengkapi fitur visualisasi zona aman yang mudah dipahami publik.

Beranjak dari urgensi di Jawa Tengah dan celah pada mitigasi yang ada saat ini, diusulkan sebuah inovasi berupa *platform* cerdas berbasis spasial yang dinamakan Weathora. Sistem usulan ini merupakan WebGIS peringatan dini yang mengintegrasikan algoritma *machine learning* (*CatBoost*) untuk memprediksi potensi cuaca ekstrem secara presisi berdasarkan kombinasi data historis dan parameter topografi wilayah.

Berbeda dengan pendekatan konvensional, *platform* ini tidak hanya menyajikan prakiraan secara makro, tetapi mampu mengkalkulasi matriks risiko secara *real-time* dan menerjemahkannya ke dalam pemetaan visual interaktif. Peta tersebut mengklasifikasikan wilayah ke dalam status Aman, Waspada, Siaga, hingga Awas sampai pada skala hiperlokal (tingkat desa/kelurahan). Sebagai *pilot project*, implementasinya difokuskan di Provinsi Jawa Tengah. Pembatasan ini dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi sumber daya pada fase pengembangan *prototype*, mengingat penarikan data spasial berskala luas melalui layanan API *OpenWeatherMap* membutuhkan skema lisensi berbayar yang tinggi. Ke depannya, kerangka kerja (*framework*) ini dirancang agar dapat diekspansi untuk mendukung pengambilan keputusan kebencanaan di provinsi lainnya.

1.2. Batasan Masalah

Dalam pengembangan sistem peringatan dini ini, ditetapkan beberapa batasan masalah agar ruang lingkup penelitian tetap terarah dan berfokus pada target yang telah direncanakan:

1. Perangkat lunak ini dikembangkan secara spesifik sebagai aplikasi berbasis WebGIS (*Web-based Geographic Information System*).
2. Bencana yang menjadi fokus utama pemetaan murni pada kategori hidrometeorologi (dikhususkan spesifik untuk cuaca ekstrem), sehingga tidak mencakup deteksi geologi seperti gempa bumi, tsunami, maupun erupsi gunung berapi.
3. Ruang lingkup wilayah pengujian dan implementasi data difokuskan secara eksklusif di Provinsi Jawa Tengah sebagai tahap percontohan (*pilot project*). Hal ini didasari oleh batasan efisiensi sumber daya, di mana penarikan data cuaca hiperlokal skala nasional melalui API (seperti *OpenWeatherMap*) mengharuskan penggunaan paket berbayar tingkat lanjut.
4. Model kecerdasan buatan yang digunakan dibatasi pada algoritma *machine learning* yaitu *CatBoost* untuk pemodelan prediksi berdasarkan data historis dan topografi, tanpa menggunakan integrasi perangkat keras sensor fisik (IoT) secara langsung di lapangan.
5. Notifikasi dan pemetaan status bahaya (Aman, Waspada, Siaga, Awas) yang dihasilkan bersifat prediktif dan informatif. Keputusan evakuasi atau tanggap darurat resmi di lapangan tetap mengacu pada otoritas lembaga pemerintah terkait seperti BPBD dan BNPB.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, bagian ini akan menjelaskan sasaran utama yang ingin dicapai dari pengembangan sistem ini beserta dampak positifnya.

1.3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah purwarupa (*prototype*) aplikasi WebGIS yang mengintegrasikan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk prediksi cuaca ekstrem, pemetaan zona risiko bencana hidrometeorologi secara hiperlokal, serta penyediaan panduan mitigasi di Provinsi Jawa Tengah.

1.3.2. Manfaat

Manfaat dari pengembangan sistem ini diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat
 - a. Meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi bencana hidrometeorologi melalui informasi peringatan dini yang mudah diakses dan dipahami secara visual dari pemetaan zona risiko.
 - b. Memberikan informasi cuaca *real-time* serta prediksi beberapa jam ke depan melalui dasbor aplikasi yang menyajikan data secara *actionable* (dapat langsung ditindaklanjuti).
 - c. Memfasilitasi evakuasi mandiri dengan menyajikan pemetaan zona aman dan rekomendasi rute berdasarkan radius wilayah yang dihitung secara sistematis.

- d. Menambah wawasan dan literasi mitigasi bencana melalui fitur panduan kesiapsiagaan yang edukatif.

2. Bagi Akademisi dan Peneliti

- a. Memberikan bukti empiris terkait integrasi algoritma *machine learning* (*CatBoost*) dengan WebGIS untuk manajemen mitigasi bencana yang kompleks.
- b. Menjadi referensi dasar bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengembangkan sistem serupa dengan cakupan wilayah yang lebih luas, model prediksi yang lebih kompleks, maupun integrasi data secara waktu nyata.

3. Bagi Penulis

- a. Menerapkan serta mengintegrasikan kompetensi rekayasa perangkat lunak, *machine learning*, dan sistem informasi geografis untuk membangun solusi nyata terhadap permasalahan mitigasi bencana.
- b. Menambah wawasan dan kepekaan terhadap isu-isu kebencanaan di Indonesia serta memperdalam pemahaman mengenai peran strategis teknologi dalam upaya mitigasi.

4. Bagi Universitas Harkat Negeri

- a. Meningkatkan citra dan reputasi akademik universitas melalui karya inovatif mahasiswa yang mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 13 tentang *Climate Action*.

- b. Menjadi referensi serta inspirasi bagi penelitian lanjutan di lingkungan kampus yang berfokus pada pemanfaatan teknologi untuk penanggulangan bencana dan pengelolaan lingkungan berbasis data.

1.4. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini merujuk pada sejumlah studi terdahulu sebagai bahan perbandingan sekaligus landasan pengembangan sistem. Dalam literatur berjudul *"Machine Learning Models For Predicting Flood Events Using Weather Data: An Evaluation Of Logistic Regression, LightGBM, And XGBoost"*, dilakukan pengujian beberapa model *machine learning* untuk memprakirakan kejadian banjir di Jakarta menggunakan data cuaca. Penerapan teknik rekayasa fitur (*feature engineering*), *oversampling* (SMOTE), dan *cross-validation* terbukti menaikkan performa model secara signifikan, dengan LightGBM meraih tingkat akurasi tertinggi pada angka 96,81% [4]. Kendati akurasinya terbilang tinggi, kelemahan dari riset ini adalah hasil akhirnya sebatas prediksi klasifikasi dalam bentuk tabel (banjir atau tidak banjir). Belum ada penerapan ke dalam antarmuka peta interaktif yang bisa diakses langsung oleh masyarakat sebagai sarana peringatan dini.

Pendekatan berbeda diterapkan pada publikasi *"Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Machine Learning Pada Web GIS Untuk Pemetaan Potensi Banjir"*. Riset tersebut menggabungkan data penginderaan jauh dari citra satelit Landsat 8 dengan algoritma Random Forest di dalam sebuah WebGIS guna memetakan potensi kerawanan banjir di Provinsi Bali. Memanfaatkan indeks turunan satelit, model tersebut mampu memilah risiko banjir dengan tingkat

presisi 86%. Keunggulan riset ini terletak pada kemampuannya menyajikan antarmuka visual yang informatif [5]. Namun, sistem yang dibangun lebih menitikberatkan pada pemetaan potensi kerentanan yang sifatnya tetap (statis) karena diukur berdasarkan kontur bentang alam dan tutupan lahan, bukan sistem peringatan dinamis yang berfluktuasi mengikuti kondisi cuaca secara *real-time*.

Pengembangan sistem peringatan dini berbasis pengambilan keputusan juga pernah dieksplorasi melalui studi "*Modelling Of Flood Hazard Early Warning Group Decision Support System*". Sistem ini merancang model *Group Decision Support System* (GDSS) menggunakan metode gabungan ANP-VIKOR yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Hasilnya terbukti andal dalam menyusun peringkat status siaga berdasarkan kriteria teknis lapangan seperti curah hujan, debit air, dan kondisi saluran air dengan ketepatan mencapai 86,7% [6]. Hanya saja, arah penelitian ini lebih condong pada penyelesaian kalkulasi manajerial bagi pihak pemerintah di ranah belakang layar (*backend*), dan belum mencakup penyediaan informasi perkiraan cuaca kepada publik melalui satu wadah visual yang terpusat.

Sementara itu, dalam konteks penanganan data curah hujan ekstrem, penelitian dengan judul "*Quantifying The Uncertainty Of Precipitation Forecasting Using Probabilistic Deep Learning*" menawarkan kerangka kerja *deep learning* probabilistik (dengan arsitektur CNN *encoder-decoder*). Pendekatan ini berhasil memperbaiki galat (*error*) prediksi sekaligus menekan rentang ketidakpastian hingga 28% [7]. Meski sangat solid dari segi matematis, sorotan utama studi tersebut murni pada peningkatan akurasi algoritma di atas

kertas. Riset ini belum bermuara pada pembuatan produk perangkat lunak yang dibekali fitur pemberitahuan bahaya maupun panduan mitigasi di lapangan.

Bila menilik berbagai rekam jejak studi di atas, rata-rata sistem yang dibangun masih menyisakan celah (*research gap*). Sebagian besar penelitian mengkaji sangat dalam terkait ketepatan kalkulasi algoritma (*machine learning* atau *deep learning*), namun luput menyajikannya ke dalam bentuk visual yang mudah dikonsumsi masyarakat. Di sisi lain, riset yang sudah mengadopsi WebGIS umumnya hanya menampilkan peta kerawanan alam yang bersifat statis. Upaya untuk memadukan fungsi prediksi cuaca ekstrem yang dinamis, pemetaan risiko hingga tingkat desa, serta ketersediaan panduan mitigasi interaktif dalam satu wadah masih jarang dieksplorasi. Oleh sebab itu, penelitian ini hadir untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Sistem usulan ini tidak sekadar memprediksi potensi cuaca ekstrem menggunakan algoritma AI, tetapi langsung menerjemahkan hasil komputasi tersebut menjadi visualisasi zona aman dan rawan bencana pada peta interaktif.

Tabel 1.1 Gap Penelitian (*Research Gap*)

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Pembeda
1	Lei, dkk (2022)	Quantifying The Uncertainty Of Precipitation Forecasting Using Probabilistic Deep Learning	Membangun kerangka kerja <i>deep learning</i> untuk menekan angka ketidakpastian prakiraan curah hujan dan menaikkan akurasi	Fokus riset murni pada kalkulasi angka ketidakpastian algoritma. Sementara penelitian ini ditujukan untuk mengimplementasikan model prediksi

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Pembeda
			hitungannya [7].	ke dalam WebGIS.
2	Jonathan M, dkk (2022)	Deep Learning Rainfall-Runoff Predictions Of Extreme Events	Menguji model <i>deep learning (LSTM)</i> yang terbukti tetap tajam dalam menebak aliran sungai (<i>runoff</i>) saat ada anomali kejadian cuaca [8].	Fokus pada luapan air di darat (aliran sungai). Sistem usulan berpusat pada prediksi pemicu awalnya (cuaca ekstrem) melalui indikator cuaca yang divisualisasikan secara spasial.
3	Arief A, dkk (2024)	Modelling Of Flood Hazard Early Warning Group Decision Support System	Membuat model keputusan kelompok (GDSS) memakai gabungan metode ANP-VIKOR untuk menetapkan status siaga berdasarkan kondisi lapangan [6].	Fokus pada penyelesaian perhitungan manajerial. Platform ini memanfaatkan <i>machine learning</i> untuk menciptakan informasi visual yang mudah dibaca langsung oleh warga.
4	Maharina, dkk (2025)	Machine Learning Models For Predicting Flood Events Using Weather Data: An Evaluation Of Logistic Regression, LightGBM, And XGBoost	Model <i>LightGBM</i> mencetak ketepatan paling tinggi (96,81%) dalam menebak peluang kejadian banjir memakai teknik optimasi data cuaca [4].	<i>Output</i> riset sebatas klasifikasi data tabel (ya atau tidak). Penelitian ini memprediksi potensi ekstrem lalu mengubah nilai kerawanannya menjadi blok warna interaktif pada peta.
5	Puja, dkk (2024)	Hybrid Physics-AI Outperforms Numerical Weather Prediction For	Model <i>NowcastNet</i> terbukti jauh lebih unggul dalam	Fokus pada prediksi jangka sangat pendek berbasis radar.

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Pembeda
		Extreme Precipitation Nowcasting	menebak datangnya hujan ekstrem dalam waktu sangat dekat (<i>nowcasting</i> 0-3 jam) [9].	Sistem yang dibangun menggunakan layanan API untuk peramalan (<i>forecasting</i>) dan dilengkapi fitur pengaturan radius evakuasi.
6	Putu Ony, dkk (2025)	Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Machine Learning Pada Web GIS Untuk Pemetaan Potensi Banjir	Menggabungkan citra satelit dan algoritma <i>Random Forest</i> di <i>WebGIS</i> untuk memilah risiko banjir di wilayah Bali dengan ketepatan 86% [5].	Pemetaan risiko pada riset tersebut bersifat statis. Platform yang diusulkan menyajikan tingkat ancaman secara dinamis mengikuti fluktuasi cuaca <i>real-time</i> .
7	Muhamma d, dkk (2025)	Review And Intercomparison Of Machine Learning Applications For Short-Term Flood Forecasting	Kajian pustaka yang merangkum bahwa metode gabungan lebih tangguh menjaga keakuratan seiring bertambahnya rentang waktu tebakan [10].	Murni berupa tinjauan studi pustaka (<i>literature review</i>). Penelitian ini merupakan wujud nyata pembuatan perangkat lunak operasional sebagai tindak lanjut praktis.
8	Prasetyo, dkk (2020)	Aplikasi Radar Cuaca untuk Identifikasi Fluktuasi Kondisi Cuaca Ekstrim	Membuktikan bahwa radar cuaca beresolusi tinggi sangat tangguh untuk membedah perubahan cuaca lokal secara rinci saat badai terjadi [11].	Analisis dilakukan pasca kejadian (<i>post-event</i>). Sistem ini dirancang sebagai instrumen prabencana (<i>pre-event</i>) guna mempercepat diseminasi

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Pembeda
				informasi mitigasi.

1.5. Data Penelitian

Untuk memastikan sistem dapat memberikan hasil prediksi dan pemetaan risiko yang presisi, penelitian ini membutuhkan landasan bahan baku yang valid. Bagian ini menguraikan rincian sumber data utama yang dikumpulkan, beserta perangkat pendukung yang digunakan selama proses rekayasa perangkat lunak.

1.5.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam tahapan perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem peringatan dini ini bersumber dari berbagai himpunan data (*dataset*) yang relevan. Rincian bahan penelitian tersebut meliputi:

1. Data Cuaca Historis (*Historical Weather Dataset*)

Bahan utama untuk pelatihan model *machine learning* diperoleh melalui teknik penarikan data (*data scraping*) dari layanan *Application Programming Interface* (API) *OpenWeatherMap*. Kumpulan data ini mencakup rekaman berbagai parameter cuaca di wilayah Jawa Tengah yang ditarik secara spesifik selama periode musim hujan dalam kurun waktu satu bulan.

	dt	dt_txt	temp	feels_like	pressure	humidity	wind_speed	wind_deg	clouds_all	weather_main	weather_description	rain_3h
0	1775001600	2026-04-01 00:00:00	23.68	28.38	1011	94	2.17	59	51	Clouds	awan pecah	0.00
1	1775012400	2026-04-01 03:00:00	24.68	29.23	1010	91	3.38	229	93	Rain	hujan lebat	10.34
2	1775023200	2026-04-01 06:00:00	27.95	32.20	1008	85	2.23	38	90	Clouds	awan mendung	0.00
3	1775034000	2026-04-01 09:00:00	27.01	31.36	1008	87	3.46	278	98	Clouds	awan mendung	0.00
4	1775044800	2026-04-01 12:00:00	30.92	35.17	1011	85	1.38	84	94	Clouds	awan mendung	0.00

Gambar 1.3 Dataset Cuaca Historis

2. Data Riwayat Bencana dan Topografi

Data pendukung terkait catatan frekuensi kejadian bencana hidrometeorologi (banjir, tanah longsor, dan cuaca ekstrem) beserta karakteristik topografi wilayah yang didapatkan melalui publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah.

Kabupaten/Kota	Jumlah Bencana Alam - Gempa Bumi	Jumlah Bencana Alam - Tsunami	Jumlah Bencana Alam - Gempa Bumi dan Tsunami	Jumlah Bencana Alam - Letusan Gunung Api	Jumlah Bencana Alam - Tanah Longsor	Jumlah Bencana Alam - Banjir	Jumlah Bencana Alam - Kekeringan	Jumlah Bencana Alam - Kebakaran Hutan dan Lahan	Jumlah Bencana Alam - Cuaca Ekstrem	Jumlah Bencana Alam - Gelombang Pasang/Abrasi
0 Cilacap	-	-	-	-	8	11	1	1	36	1
1 Banyumas	-	-	-	-	14	3	2	2	13	-
2 Purbalingga	-	-	-	-	2	-	1	-	4	-
3 Banjarnegara	1	-	-	-	9	-	-	-	3	-
4 Kebumen	-	-	-	-	7	2	1	-	13	1

Gambar 1.4 Dataset Riwayat Bencana

Kabupaten/Kota	Puncak/Tebing	Lereng	Dataran	Lembah	Jumlah
0 Cilacap	-	102	182	-	284
1 Banyumas	-	222	108	1	331
2 Purbalingga	-	57	182	-	239
3 Banjarnegara	-	264	10	4	278
4 Kebumen	1	159	293	7	460

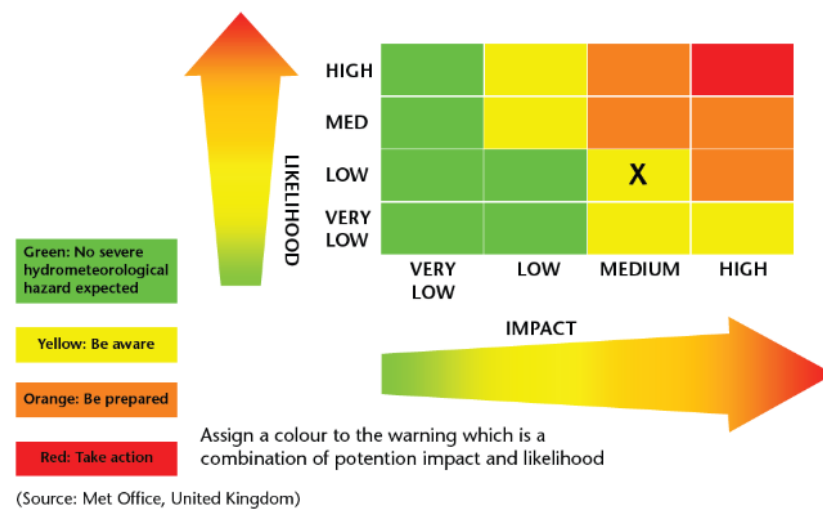
Gambar 1.5 Dataset Topografi Wilayah

3. Data Parameter Kebencanaan dan Matriks Risiko

Berisi acuan aturan logika dan standardisasi operasional kebencanaan yang akan ditanamkan ke dalam sistem. Data ini mencakup faktor meteorologis pemicu cuaca ekstrem, penyesuaian bobot pengaruh kemiringan lereng terhadap potensi banjir, serta standardisasi tata warna legenda mitigasi (Aman, Waspada, Siaga, dan Awas). Data acuan ini diperoleh dari hasil validasi dan diskusi kepakaran secara langsung bersama instansi berwenang, yakni BMKG Kota Tegal dan BPBD Kabupaten Tegal.

$$\text{Risiko Bencana} \approx \text{Ancaman} * \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}}$$

Gambar 1.6 Pendekatan Risiko Bencana (PERKA BNPB No 02 Tahun 2012)



Gambar 1.7 Matriks Risiko Bencana (*World Meteorological Organization*)

1.5.2. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan untuk mendukung seluruh proses pengembangan, mulai dari desain purwarupa (*prototype*), pelatihan kecerdasan buatan, hingga peluncuran (*deployment*) platform WebGIS, meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang dirangkum pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1.2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Kategori	Fungsi Utama dalam Penelitian
1	Laptop MSI (Spesifikasi: AMD Ryzen 5 7430U,	Perangkat Keras	Menjadi perangkat utama untuk penulisan kode program, perancangan antarmuka, dan

No	Nama Alat	Kategori	Fungsi Utama dalam Penelitian
	RAM 16 GB, SSD 512 GB)		pelatihan awal algoritma pembelajaran mesin.
2	<i>Virtual Private Server (VPS)</i>	Perangkat Keras (Berdasarkan Awan)	Berfungsi sebagai penyedia layanan <i>hosting</i> untuk peluncuran <i>platform</i> WebGIS agar sistem dapat diakses secara daring oleh publik.
3	Laravel	Perangkat Lunak (<i>Framework</i>)	Kerangka kerja berbasis PHP yang digunakan untuk membangun dan mengelola sistem <i>backend</i> serta antarmuka <i>frontend</i> utama aplikasi web.
4	Flask (Python)	Perangkat Lunak (<i>Framework</i>)	Kerangka kerja ringan yang digunakan secara khusus untuk membuat antarmuka pemrograman aplikasi (API) layanan kecerdasan buatan.
5	<i>LeafletJS</i>	Perangkat Lunak (<i>Library</i>)	Pustaka <i>JavaScript</i> yang digunakan untuk membangun dan merender peta interaktif beserta visualisasi poligon area pada WebGIS.
6	MySQL	Perangkat Lunak (<i>Database</i>)	Sistem manajemen basis data relasional untuk menyimpan data akun pengguna dan rekam jejak aktivitas sistem.
7	<i>Google Colaboratory</i>	Perangkat Lunak (<i>Cloud IDE</i>)	Lingkungan eksekusi berbasis <i>notebook</i> untuk memproses data, melatih, serta mengkalibrasi model algoritma <i>CatBoost</i> .
8	<i>Visual Studio Code</i>	Perangkat Lunak (<i>Code Editor</i>)	Aplikasi penyunting teks utama untuk menyusun baris kode program secara keseluruhan.
9	<i>Thunderclient</i>	Perangkat Lunak (<i>Testing</i>)	Digunakan untuk menguji dan memverifikasi kelancaran pertukaran data pada API internal

No	Nama Alat	Kategori	Fungsi Utama dalam Penelitian
		<i>Tool</i>)	maupun eksternal.
10	<i>Figma</i>	Perangkat Lunak (<i>Design Tool</i>)	<i>Platform</i> desain untuk merancang kerangka gambar (<i>wireframe</i>) dan rancangan antarmuka pengguna (<i>user interface</i>).
11	<i>draw.io (diagrams.net)</i>	Perangkat Lunak (<i>Diagramming Tool</i>)	Berfungsi untuk merancang dan menggambar pemodelan visual alur kerja sistem, meliputi <i>flowchart</i> , <i>use case diagram</i> , <i>activity diagram</i> , <i>sequence diagram</i> hingga <i>class diagram</i> .
12	<i>Oracle Data Modeler</i>	Perangkat Lunak (<i>Design Tool</i>)	Digunakan untuk merancang arsitektur basis data dan relasi antar entitas (<i>Entity Relationship Diagram</i>).
13	<i>Git dan GitHub</i>	Perangkat Lunak (<i>Version Control</i>)	Sistem pengontrol versi untuk melacak riwayat perubahan kode sumber serta mencadangkan proyek pengembangan aplikasi.
14	Google Forms	Perangkat Lunak (<i>Survey Tool</i>)	Formulir digital yang digunakan untuk mengumpulkan data kuesioner pengujian tingkat kebergunaan sistem dari pengguna target.
15	Google Gemini	Perangkat Lunak (<i>AI Assistant</i>)	Berperan sebagai asisten virtual yang membantu dalam proses analisis dan penyelesaian kendala penulisan kode (<i>debugging</i>) selama tahap pengembangan.
16	Selenium	Perangkat Lunak (<i>Automation Tool</i>)	Digunakan untuk mengotomatisasi pengujian antarmuka aplikasi web dan mendukung skenario ekstraksi data secara dinamis.