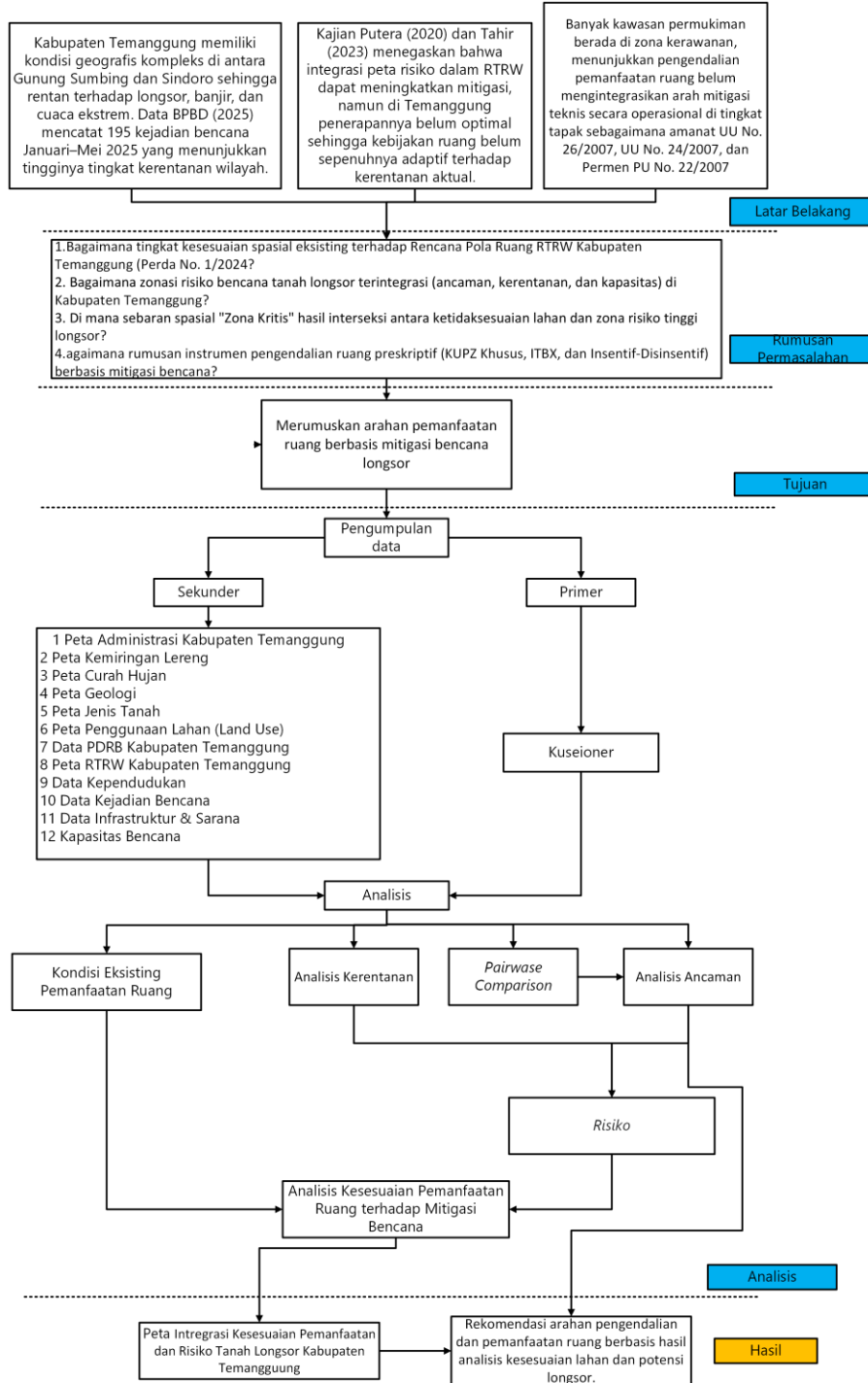


BAB 2 KONSEP PERENCANAAN

2.1 Kerangka Berfikir



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 2.1 Bagan Konsep Perencanaan

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Tinjauan Kebijakan Penataan Ruang dan Mitigasi Bencana

Kebijakan penataan ruang merupakan instrumen preventif paling krusial dalam meminimalkan risiko bencana melalui rekayasa pengaturan lokasi aktivitas manusia. Dalam konteks wilayah dengan topografi ekstrem, integrasi produk hukum keruangan dan regulasi kebencanaan adalah fondasi mutlak untuk memastikan keselamatan warga dan keberlanjutan infrastruktur. Tinjauan landasan hukum dalam penelitian ini dibedah secara hierarkis komprehensif, mulai dari undang-undang payung di tingkat nasional hingga ke instrumen pengendalian ruang di tingkat kabupaten.

a. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 dan PP Nomor 21 Tahun 2021

Secara makro, fondasi penataan ruang di Indonesia dipayungi oleh Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007. Pasal 3 secara eksplisit menegaskan bahwa tujuan penyelenggaraan penataan ruang adalah mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan. Aspek "aman" menuntut adanya perlindungan fungsi ruang dari dampak negatif bencana. Lebih lanjut, dalam pengklasifikasian pola ruang, kawasan rawan bencana tanah longsor dikategorikan ke dalam kawasan lindung yang pemanfaatannya harus dibatasi atau bersyarat ketat.

Amanat makro tersebut dioperasionalkan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang. Regulasi ini mewajibkan setiap produk Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) untuk mengakomodasi daya dukung dan daya tampung lingkungan. Pasal-pasal terkait pengendalian pemanfaatan ruang dalam PP ini mengamanatkan bahwa deliniasi kawasan rawan bencana harus dipetakan secara presisi agar dapat diterjemahkan ke dalam instrumen Ketentuan Umum Peraturan Zonasi (KUPZ). Hal ini krusial untuk mengatur intensitas bangunan (KDB, KLB, KDH) di kawasan lereng yang rawan pergerakan tanah.

b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2007

Sebagai aturan teknis penjabaran kawasan lindung bencana, Permen PU Nomor 22/PRT/M/2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor menjadi acuan normatif utama dalam mengidentifikasi parameter fisik pemicu ancaman (hazard). Regulasi ini menetapkan bahwa tingkat kerawanan longsor wajib dievaluasi melalui tujuh parameter biofisik: kemiringan lereng, kondisi geologi/batuan penyusun, jenis/kepekaan tanah, curah hujan, tata air lereng, tutupan vegetasi, dan kegempaan,.

Selain parameter fisik, Permen PU ini juga memuat pedoman arahan rekayasa teknis, baik secara struktural (seperti penguatan fondasi dan dinding penahan tanah) maupun non-struktural/vegetatif (penanaman tanaman berakar dalam). Dalam penelitian ini, kriteria parameter biofisik tersebut diadopsi sebagai variabel input Indeks Ancaman, sementara pedoman mitigasinya digunakan sebagai basis penyusunan draf rekomendasi pengendalian tata ruang.

c. Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012

Jika Permen PU mengatur sisi ancaman fisik bumi, maka Peraturan Kepala (Perka) BNPB Nomor 2 Tahun 2012 menjadi dasar hukum mutlak dalam mengukur elemen yang terpapar atau elemen kerentanan (*vulnerability*). Perka ini menetapkan bahwa risiko bencana tidak hanya dihitung dari besaran ancaman alam, melainkan hasil interaksi dengan kondisi kapasitas dan kerentanan wilayah sasaran.

Berdasarkan pedoman ini, kerentanan wilayah diprosikan melalui empat dimensi utama: (1) Kerentanan Sosial yang diukur melalui kepadatan dan kelompok umur rentan; (2) Kerentanan Ekonomi yang dinilai dari hilangnya nilai PDRB sektoral/lahan produktif; (3) Kerentanan Fisik yang dinilai dari potensi kerusakan infrastruktur dan permukiman terbangun; serta (4) Kerentanan Lingkungan yang menilai terganggunya ekosistem alami. Dimensi-dimensi ini menjadi fondasi operasional dalam teknik pemetaan dasimetrik pada tahap analisis spasial lanjutan.

d. Peraturan Daerah Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024 tentang RTRW Temanggung 2024–2044

Pada level regional, instrumen pengendalian tata ruang diatur spesifik melalui Peraturan Daerah Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024. Kebijakan ini menetapkan Rencana Struktur Ruang dan Rencana Pola Ruang yang berfungsi sebagai kitab perizinan pemanfaatan lahan. Mengingat konstelasi geografis Temanggung yang didominasi oleh topografi curam di lereng Gunung Sumbing dan Sindoro, Perda ini menghadapi tantangan besar dalam sinkronisasi antara ekspansi kawasan budidaya (pertanian, permukiman, pariwisata) dengan zona rawan bencana. Oleh sebab itu, peta rencana pola ruang dari dokumen hukum ini ditempatkan sebagai objek evaluasi (*overlay*) utama terhadap model risiko komposit, guna merumuskan matriks perizinan ITBX yang lebih adaptif dan operasional di masa implementasi regulasi.

Dalam konteks penyusunan dokumen perencanaan lanjutan seperti Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) di kemudian hari, Perda ini mewajibkan adanya ketelitian data spasial sebagai acuan penertiban ruang. Peta rencana pola ruang yang disajikan dalam dokumen RTRW ini tidak bersifat statis, melainkan harus terus dievaluasi melalui kajian lingkungan hidup strategis dan analisis risiko bencana terkini guna mendeteksi area-area yang mengalami ketidaksesuaian fungsi akibat perubahan tutupan lahan eksisting. Penelitian ini memosisikan Peta Rencana Pola Ruang dari Perda No. 1 Tahun 2024 sebagai objek utama evaluasi keruangan. Hasil tumpang susun spasial antara zonasi tata ruang dalam Perda dengan peta pemodelan risiko bencana komposit (SMCA) akan menghasilkan peta ketidaksesuaian ruang. Dari peta tersebut, penelitian akan merumuskan rekomendasi

2.2.2 Konsep Analisis Spasial Multikriteria (SMCA dan AHP)

a. Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA)

Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) merupakan metode analisis spasial dalam SIG yang digunakan untuk mengintegrasikan berbagai kriteria berbasis ruang sebagai dasar pengambilan keputusan, dengan menggabungkan variabel dan indikator yang memiliki pengaruh berbeda terhadap fenomena seperti risiko bencana, kesesuaian lahan, dan arahan pemanfaatan ruang (Malczewski & Rinner (2015) mampu mengelola data fisik maupun sosial menjadi peta keputusan berbobot prioritas (Yuan dkk. 2022), melalui tahapan normalisasi data, pembobotan, dan overlay untuk menghasilkan peta kesesuaian atau risiko secara kuantitatif.

Dalam konteks mitigasi bencana, SMCA dapat mengintegrasikan bahaya, kerentanan, kapasitas, dan pola pemanfaatan ruang untuk menghasilkan rekomendasi spasial yang komprehensif, seperti ditunjukkan oleh (Rumondor & Wibowo 2024) yang memetakan area prioritas pengendalian melalui parameter lereng, penggunaan lahan, dan jarak infrastruktur.. integrasi SMCA dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menyempurnakan pembobotan kriteria karena AHP menentukan tingkat kepentingan melalui perbandingan berpasangan (Saaty, 1990) dan kombinasi keduanya terbukti meningkatkan akurasi evaluasi spasial secara objektif dan terukur Terán-Gómez dkk. (2025)

b. Pembobotan Pairwise Comparison Matrix (AHP)

Pembobotan dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kepentingan antar variabel yang digunakan dalam analisis kesesuaian lahan, sehingga diperoleh bobot yang mencerminkan pengaruh relatif setiap parameter terhadap pengembangan permukiman. *Pairwise Comparison Matrix* (PCM) atau Perbandingan Matriks Berpasangan merupakan instrumen utama dalam

metode *Analytic Hierarchy Process* yang digunakan untuk menentukan bobot prioritas variable secara sistematis dan terukur. PCM merupakan matriks persegi berdimensi $n \times n$ yang memuat hasil perbandingan tingkat kepentingan relatif antara setiap pasang elemen (kriteria) yang dibandingkan.

Setiap elemen a_{ij} merepresentasikan seberapa penting elemen ke- i dibandingkan elemen ke- j berdasarkan skala tingkat kepentingan (Saaty, 1990). Matriks perbandingan berpasangan ini bersifat resiprokal, yaitu apabila $a_{ij} = 1/a_{ji}$ untuk semua $i \neq j$ artinya, jika kriteria i dinilai n kali lebih penting dari kriteria j , maka elemen j dinilai $1/n$ kali lebih penting dari elemen i . Kemudian pada lajur diagonal utama matriks, nilai perbandingan akan selalu bernilai satu ($a_{ii} = 1$), yang bermakna bahwa suatu variabel yang dibandingkan dengan dirinya sendiri memiliki tingkat kepentingan yang sama besar atau setara. Pengisian PCM dilakukan melalui konsultasi pakar (*expert judgement*) dengan metode wawancara dan kuesioner terstruktur yang melibatkan pemangku kepentingan yang kompeten di bidang kajian (Saaty & Vargas, 2012). Adapun berikut ini skala penilaian yang digunakan dalam PCM menurut L. Saaty.

Tabel 0.1 Skala Penilaian Matriks Berpasangan

Intensitas	Definisi	Keterangan
1	Sama pentingnya (Equal importance)	Dua elemen berkontribusi sama terhadap tujuan
3	Sedikit lebih penting (Moderate importance)	Pengalaman dan pertimbangan sedikit mendukung satu elemen atas elemen lain
5	Lebih penting (Strong importance)	Pengalaman dan pertimbangan sangat mendukung satu elemen atas elemen lain
7	Sangat lebih penting (Very strong importance)	Satu elemen sangat dominan dalam praktik nyata
9	Mutlak lebih penting (Extreme importance)	Bukti terkuat yang mendukung satu elemen atas yang lain
2,4,6,8	Nilai tengah (Intermediate values)	Digunakan ketika diperlukan kompromi atau nilai tengah antara dua penilaian
Resiprokal (1/n)	Kebalikan dari nilai di atas	Jika elemen i mendapat nilai n dibanding j , maka j mendapat nilai $1/n$ dibanding i

Sumber : (Saaty & Vargas, 2012)

1) Perhitungan Bobot Prioritas

Matriks perbandingan berpasangan yang sudah terisi dengan penilaian dari para pakar dapat dilakukan perhitungan bobot kriteria. Saaty (2012) menyatakan bahwa terdapat banyak cara untuk menurunkan bobot prioritas dari matriks perbandingan berpasangan (a_{ij}). Namun yang umum digunakan dan dapat diukur tingkat konsistensinya mengarahkan pada *eigenvalue*. Adapun formulasi secara matematisnya sebagai berikut:

$$Aw = \lambda \text{ maks} \cdot w$$

Di mana A adalah matriks perbandingan berpasangan, w adalah vektor bobot prioritas, dan $\lambda \text{ maks}$ adalah *eigenvalue* utama (*principal eigenvalue*) dari matriks A . Kemudian vektor w yang telah dinormalisasi merepresentasikan bobot prioritas dari masing-masing kriteria (Saaty & Vargas, 2012).

2) Uji Konsistensi Matriks Perbandingan Berpasangan

Salah satu keunggulan matriks perbandingan berpasangan pada AHP dibandingkan metode pembobotan lainnya adalah kemampuannya dalam mengukur dan mengendalikan ketidakkonsistenan penilaian. Berdasarkan penelitian Djohan (2024), pembobotan pada kesesuaian lahan dinyatakan konsisten apabila nilai CR kurang dari (0,1).

a) Consistency Index (CI)

Tahap pertama yang dilakukan adalah menghitung *Consistency Index (CI)*. Menurut Saaty (2012) CI dianggap sebagai varians kesalahan yang timbul dalam mengestimasi a_{ij} .

Adapun CI dapat dihitung dengan rumus:

$$CI = \frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

Di mana n adalah jumlah kriteria dan $\lambda \text{ maks}$ adalah *eigenvalue* utama. Jika matriks *perfectly consistent*, maka $\lambda \text{ maks} = n$ dan $CI = 0$. Semakin besar nilai CI, semakin inkonsisten penilaian yang diberikan oleh pakar.

b) Random Index (RI)

Untuk mengukur tingkat inkonsistensi secara relatif, diperlukan perbandingan berupa Random Consistency Index (RI), yaitu nilai CI rata-rata dari matriks berukuran n yang dibangkitkan secara acak. L. Saaty (2012) telah menyajikan tabel RI untuk berbagai ukuran

matriks berdasarkan sampel matriks resipokal yang dibangkitkan secara acak menggunakan skala 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9. Nilai RI untuk setiap ukuran matriks disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1.2 Nilai Random Index (RI) Berdasarkan Ukuran Matriks

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Sumber: Saaty (2012)

c) Consistency Ratio (CR) dan Ambang Batas Penerimaan

Consistency Ratio (CR) diperoleh dengan membandingkan CI dengan RI yang sesuai untuk ukuran matriks n yang bersangkutan. Secara matematis CR dirumuskan dengan

$$CR = CI : RI .$$

Saaty (2012) menetapkan bahwa jika CR tidak lebih kecil dari 0,10, maka permasalahan perlu dikaji ulang dan penilaian perlu direvisi. Dengan kata lain, ambang batas penerimaan konsistensi adalah **CR ≤ 0,10 (10%)**. Inkonsistensi sebesar 10 persen atau kurang berarti bahwa penyesuaian yang dilakukan masih kecil dibandingkan dengan nilai-nilai aktual dari komponen eigenvector (Saaty & Vargas, 2012)

Metode ini banyak digunakan pada analisis spasial karena mampu mengkuantifikasi faktor kualitatif menjadi bobot numerik yang dapat diintegrasikan dalam GIS, dan integrasi AHP–SMCA terbukti meningkatkan akurasi analisis spasial melalui dasar Weighted Overlay (Terán-Gómez dkk., 2025). Menurut Yuan dkk. (2022) AHP efektif dalam penentuan prioritas berbasis pertimbangan ahli dan data empiris sehingga relevan diterapkan pada analisis risiko bencana, mitigasi kebencanaan, serta perencanaan tata ruang. Dengan demikian, AHP menjadi tahapan kunci dalam penentuan bobot sebelum integrasi dalam SMCA untuk menghasilkan peta kesesuaian dan risiko spasial yang lebih terukur

c. Integrasi SMCA dan AHP untuk Evaluasi Tata Ruang

Dalam diskursus pemodelan kebencanaan mutakhir, integrasi SMCA dan pembobotan AHP terbukti menjadi pendekatan saintifik paling andal untuk mengkalibrasi regulasi nasional

dengan karakteristik lokal wilayah terdampak (Reza Fahmi Pahlevi dkk. (2026)). Pendekatan kombinasi inilah yang diadopsi sebagai tulang punggung kerangka kerja dalam penelitian di Kabupaten Temanggung. Matriks AHP digunakan sebagai katalis untuk memperbarui bobot parameter fisik dari aturan baku Permen PU menggunakan persepsi pakar lokal (BPBD dan DPUPR Temanggung). Hasil pembobotan tersebut kemudian dieksekusi melalui teknik SMCA untuk memproduksi Peta Risiko Bencana Longsor. Pada tahap akhir, peta keluaran SMCA tersebut menjadi pisau analisis utama untuk mengevaluasi peta Rencana Pola Ruang (RTRW) eksisting, guna mencari titik-titik ketidaksesuaian pemanfaatan lahan sebagai dasar perumusan rekomendasi perizinan ruang

2.2.3 Dasymetric Mapping

Dalam analisis kerentanan wilayah, penggunaan data agregat berbasis batas administrasi (seperti data kependudukan atau valuasi ekonomi berskala desa) sering kali memunculkan bias spasial atau *ecological fallacy*. Pemetaan Dasimetrik hadir sebagai solusi kartografis untuk mengatasi kelemahan peta koroplet konvensional tersebut dengan cara mendistribusikan data agregat ke dalam unit-unit spasial yang lebih homogen berdasarkan informasi pendukung (*ancillary data*), seperti tutupan lahan atau indeks kepadatan bangunan (Ma dkk. (2026)).

Secara konseptual, pemetaan dasimetrik berasumsi bahwa fenomena sosial-ekonomi tidak tersebar secara merata di seluruh wilayah administrasi, melainkan terkonsentrasi pada area-area spesifik. Dalam konteks pemodelan kerentanan dan risiko bencana modern, teknik dasimetrik beresolusi tinggi (*intelligent dasymetric mapping*) menjadi sangat krusial. Alih-alih mengasumsikan nilai populasi tersebar merata hingga ke kawasan hutan atau tubuh air, metode dasimetrik mengalokasikan bobot kerentanan secara presisi hanya pada poligon lahan produktif atau kawasan terbangun yang dihuni manusia. Hal ini memungkinkan estimasi area dan jumlah penduduk yang terpapar risiko bencana menjadi jauh lebih akurat dan representatif terhadap kondisi riil di tingkat tapak, sehingga sangat membantu dalam perencanaan evakuasi dan tata ruang (Baynes dkk. (2022)).

2.2.4 Aturan Sturges

Pemodelan risiko bencana berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) umumnya menghasilkan rentang nilai indeks spasial yang bersifat kontinu (*continuous data*). Untuk memfasilitasi pengambilan keputusan tata ruang (seperti zonasi KUPZ), nilai kontinu tersebut perlu diklasifikasikan ke dalam kategori ordinal yang tegas (misalnya: Risiko Rendah, Sedang,

dan Tinggi). Penentuan jumlah kelas atau interval ini tidak dapat dilakukan secara subjektif, melainkan harus menggunakan pendekatan statistik keruangan yang terstandarisasi, salah satunya adalah Aturan Sturges Sturges (1926).

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

- k = Jumlah kelas interval yang ideal
- n = Jumlah total data observasi

Setelah jumlah kelas ideal (k) didapatkan, langkah krusial selanjutnya adalah menentukan Lebar Interval Kelas (c). Lebar interval ini yang nantinya dimasukkan ke dalam algoritma *Reclassify* di perangkat lunak ArcGIS. Rumusnya adalah:\

$$c = \frac{X_{Max} - X_{min}}{k}$$

Keterangan:

- c = Lebar interval kelas
- X_{Max} = Nilai risiko tertinggi dalam data
- X_{min} = Nilai risiko terendah dalam data

Penggunaan algoritma matematis ini dalam klasifikasi data spasial memastikan bahwa pengelompokan tingkat ancaman maupun risiko bencana terdistribusi secara normal dan proporsional. Dengan mengaplikasikan Aturan Sturges, rentang interval kelas risiko yang divisualisasikan dalam peta dapat dipertanggungjawabkan secara statistik. Pendekatan ini efektif untuk meminimalisasi bias visual subjektif dalam menentukan ambang batas batas zona kritis yang memerlukan intervensi pengendalian ruang.