

BAB 4

ANALISIS KESESUAIAN PEMANFAATAN RUANG BERBASIS MITIGASI BENCANA LONGSOR

4.1 Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Terhadap Rencana Pola Ruang

4.1.1 Uji Akurasi Data Penggunaan Lahan (Metode Cochran)

Untuk menguji keandalan dan validitas data penggunaan lahan eksisting sebelum diintegrasikan ke dalam analisis mitigasi dan kebencanaan, dilakukan uji akurasi (accuracy assessment) guna memastikan peta tersebut representatif terhadap kondisi riil di lapangan. Penentuan jumlah sampel titik uji minimum (n) dalam kajian tata ruang ini dihitung menggunakan pendekatan empiris Rumus Slovin. Penentuan ini didasarkan pada total populasi unit analisis atau poligon penggunaan lahan (N) dengan menetapkan batas toleransi kesalahan (margin of error) sebesar 10% atau 0,1. Perhitungan penentuan jumlah sampel minimum dijabarkan melalui formulasi berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

Berdasarkan hasil pembulatan dari formulasi matematis tersebut, diperoleh kebutuhan total sampel minimum sebanyak 196 titik observasi. Perlu ditegaskan bahwa dalam pelaksanaan uji validasi ini, kawasan lindung yang meliputi hutan lindung, badan air, dan objek embung dikecualikan dari proses verifikasi lapangan (ground check). Pengecualian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa deliniasi spasial kawasan lindung tersebut bersifat statis dan telah terkunci secara hukum berdasarkan ketetapan regulasi tata ruang maupun kehutanan.

Oleh karena itu, seluruh 190 titik sampel dialokasikan secara proporsional menggunakan teknik Stratified Random Sampling khusus pada klasifikasi penggunaan lahan di kawasan budidaya yang bersifat dinamis dan rentan mengalami perubahan tutupan lahan. Hasil perbandingan binomial antara data klasifikasi peta dan kondisi aktual lapangan (ground check) pada kawasan budidaya disajikan pada Tabel berikut ini

Tabel 4.1 Matriks Hasil Uji Validasi Cochran Data Penggunaan Lahan

Jenis Penggunaan Lahan	Total Sampel Dicek (Titik)	Jumlah Benar/ Sesuai	Jumlah Sesuai/tidak benar	Persentase
Hortilkultural	14	13	1	92,86%
Hutan Produksi Terbatas	8	7	1	87,50%
Hutan Produksi Tetap	16	14	2	87,50%
Industri	7	7		100,00%
Pergudangan	4	3	1	75,00%
Perkebunan	55	49	6	89,09%
Permukiman	38	38		100,00%
peternakan	5	4	1	80,00%
Sawah	44	36	7	82,15%
Total	190	171	19	90,00%

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Tingkat akurasi keseluruhan (Overall Accuracy) dihitung dengan membagi total titik yang diklasifikasikan secara benar dengan keseluruhan sampel acak pada kawasan budidaya yang diuji, melalui formulasi berikut:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{171}{190} = 90,00\%$$

Berdasarkan kalkulasi matriks kesalahan pada Tabel 4.1, hasil uji validasi lapangan menunjukkan bahwa interpretasi spasial terhadap penggunaan lahan eksisting memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi dengan capaian Overall Accuracy sebesar 90.00%. Angka ini membuktikan bahwa peta penggunaan lahan aktual yang disajikan telah merepresentasikan kondisi riil di lapangan secara valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Nilai tersebut telah melampaui ambang batas minimum akurasi pemetaan spasial standar yang ditetapkan secara internasional, yaitu sebesar 85%. Dengan demikian, data keruangan ini dinilai sangat layak dan presisi untuk diintegrasikan lebih lanjut sebagai parameter dasar

dalam analisis tingkat kerentanan wilayah dan perumusan instrumen pengendalian pemanfaatan ruang berbasis mitigasi bencana.

4.1.2 Identifikasi Penggunaan Lahan Eksisting

Penggunaan lahan eksisting di Kabupaten Temanggung merupakan representasi visual dari interaksi dinamis antara aktivitas masyarakat dengan kondisi biofisik wilayahnya. Berdasarkan hasil identifikasi spasial, pola penggunaan lahan di wilayah ini menunjukkan dominasi yang sangat kuat pada aktivitas agraris, yang dipengaruhi oleh topografi pegunungan dan kesuburan tanah vulkanik. Pemanfaatan ruang terluas di Kabupaten Temanggung didominasi oleh sektor perkebunan dengan luasan mencapai 29.780,45 Ha. Dominasi kawasan perkebunan ini mencerminkan tingginya ketergantungan ekonomi masyarakat setempat terhadap komoditas hasil bumi yang sesuai dengan iklim dataran tinggi.

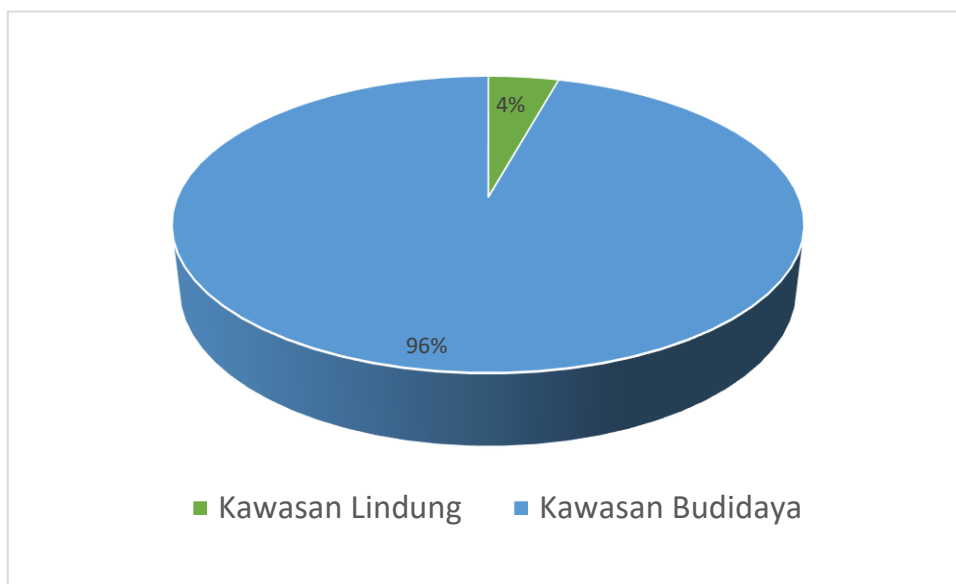
Selain sektor perkebunan, tulang punggung perekonomian agraris di Kabupaten Temanggung juga ditopang oleh lahan pertanian primer lainnya. Lahan sawah menempati area terluas kedua dengan total luasan mencapai 19.304,08 Ha, disusul oleh kawasan hortikultura seluas 14.763,23 Ha. Aktivitas pertanian basah dan hortikultura ini tersebar secara masif di wilayah bagian tengah hingga selatan, khususnya mencakup area di Kecamatan Kedu, Parakan, dan Bulu. Konsentrasi pertanian pada wilayah-wilayah ini sejalan dengan ketersediaan sumber daya air dan karakteristik kelerengan yang masih memungkinkan untuk pengolahan lahan secara intensif.

Berbeda dengan aktivitas agraris yang memiliki pola persebaran luas, kawasan terbangun dan kegiatan penunjang ekonomi lainnya memiliki persentase luasan yang lebih kecil dan cenderung terkonsentrasi. Kawasan permukiman tercatat seluas 8.271,167 Ha, yang utamanya memusat di wilayah yang lebih landai serta memiliki aksesibilitas jaringan jalan yang baik, seperti di Kecamatan Temanggung dan sekitarnya. Di samping permukiman, aktivitas terbangun lainnya yang menunjang sektor ekonomi meliputi kawasan industri seluas 182,8057 Ha, lahan peternakan seluas 42,60123 Ha, serta area pergudangan yang menempati lahan seluas 12,66973 Ha.

Pada aspek penjaga keseimbangan ekologis, kawasan dengan fungsi lindung dan penyangga hidrologis utamanya berpusat di area dataran tinggi bagian barat dan selatan. Kawasan hutan di Kabupaten Temanggung mencakup Hutan Produksi Tetap seluas 7.386,929 Ha, Hutan Lindung seluas 3.209,444 Ha, dan Hutan Produksi Terbatas seluas

2.971,925 Ha. Sebaran kawasan hutan ini memegang peran vital sebagai area resapan air dan menahan laju erosi di lereng Gunung Sumbing dan Gunung Sindoro. Selain itu, terdapat pula elemen hidrologis berupa badan air seluas 507,9171 Ha dan embung seluas 0,677006 Ha yang menjadi sumber pengairan alami maupun buatan bagi lahan-lahan di bawahnya.

Pemetaan dan kuantifikasi komposisi tutupan lahan eksisting ini menjadi tahapan esensial dalam analisis kebencanaan, khususnya terkait mitigasi longsor. Setiap jenis penggunaan lahan merepresentasikan tingkat gangguan pada lereng dan beban aktivitas yang berbeda di atas permukaan tanah. Variasi tutupan lahan ini nantinya akan sangat menentukan



Sumber: Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.1 Persentase dari Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya Eksisting

Tingkat kerentanan fisik lingkungan wilayah tersebut. Seluruh data penggunaan lahan ini akan menjadi salah satu parameter kunci yang diolah menggunakan metode Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) dan ditumpang susun (overlay) dengan dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) untuk mengevaluasi kesesuaian ruangnya

4.1.3 Tinjauan Rencana Pola Ruang

Pola ruang merupakan arahan pemanfaatan ruang yang menggambarkan pembagian fungsi wilayah ke dalam kawasan lindung dan kawasan budidaya sebagai dasar dalam pengendalian pembangunan. Penataan pola ruang ini bertujuan untuk mewujudkan keseimbangan antara kepentingan pembangunan dan kelestarian lingkungan, sehingga pemanfaatan ruang dapat dilakukan secara berkelanjutan dan sesuai dengan daya dukung wilayah. Di Kabupaten Temanggung, pengaturan pola ruang secara legal mengacu pada

Peraturan Daerah Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Temanggung Tahun 2024–2044. Dalam pedoman tata ruang tersebut, ditetapkan pembagian kawasan lindung dan kawasan budidaya, serta arahan pengendalian pemanfaatan ruang yang secara krusial harus memperhatikan kondisi fisik wilayah dan potensi risiko bencana alam.

Berdasarkan peta rencana pola ruang yang telah ditetapkan, wilayah Kabupaten Temanggung didominasi oleh peruntukan kawasan budidaya. Kawasan budidaya ini utamanya didorong untuk sektor agraris berupa pertanian lahan kering, pertanian lahan basah, serta perkebunan yang dirancang tersebar luas di bagian tengah hingga timur kabupaten. Sementara itu, untuk mengakomodasi kebutuhan tempat tinggal dan perekonomian, kawasan permukiman dan pusat kegiatan perkotaan tampak difokuskan dan terkonsentrasi di Kecamatan Temanggung beserta sekitarnya. Kawasan perkotaan ini secara struktural berfungsi sebagai pusat pelayanan dan aktivitas ekonomi wilayah.

Di sisi lain, peruntukan kawasan lindung seperti hutan lindung dan kawasan resapan air dikonsentrasikan di bagian barat dan selatan. Penempatan kawasan lindung ini dikhususkan pada bentang alam di lereng Gunung Sumbing dan Gunung Sindoro guna memproteksi kelestarian sistem hidrologis dan mencegah degradasi lahan di hulu. Secara keseluruhan, konfigurasi rencana pola ruang Temanggung menunjukkan adanya pembagian fungsi tata ruang yang cukup tegas antara kawasan pelestarian (lindung) di wilayah berlereng curam dan kawasan pengembangan (budidaya) di wilayah yang memiliki topografi lebih landai.

Tabel 4.2 Luasan dan Persentase Setiap Kawasan Pola Ruang

Rencana Pola Ruang	Luas	Persentase
Kawasan Lindung	3727,40	4,31%
Badan Air	507,88	0,59%
Kawasan Cagar Budaya	10,09	0,01%
Kawasan Hutan Lindung	3209,42	3,71%
Kawasan Budidaya	82706,48	95,69%
Kawasan Hutan Produksi Terbatas	2971,94	3,44%
Kawasan Hutan Produksi Tetap	7386,83	8,55%
Kawasan Perkebunan	25744,25	29,78%
Kawasan Permukiman Perdesaan	9463,29	10,95%
Kawasan Permukiman Perkotaan	3967,73	4,59%
Kawasan Pertahanan dan Keamanan	89,88	0,10%
Kawasan Peruntukan Industri	980,29	1,13%
Kawasan Tanaman Pangan	18719,54	21,66%
Kawasan Hortikultura	13382,72	15,48%
Total Keseluruhan	86.433,89	100%

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Rencana pola ruang ini pada dasarnya merepresentasikan skenario "ideal" penataan kawasan yang diamanatkan oleh pemerintah daerah. Peruntukan ideal inilah yang menjadi acuan utama untuk disandingkan dengan kondisi eksisting penggunaan lahan yang telah diuraikan pada sub-bab sebelumnya. Interseksi antara pemanfaatan ruang aktual dengan rencana peruntukan spasial dalam dokumen RTRW ini sangat diperlukan untuk menilai seberapa jauh ketidaksesuaian tata ruang yang terjadi di lapangan.

4.1.4 Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Terhadap Rencana Pola Ruang

Evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang merupakan tahapan analisis untuk mengidentifikasi tingkat kepatuhan aktivitas aktual di lapangan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Temanggung. Proses analisis ini dilakukan menggunakan teknik tumpang susun (*overlay*) secara spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) antara Peta Penggunaan Lahan Eksisting dengan Peta Rencana Pola Ruang. Melalui interseksi kedua data spasial tersebut, diperoleh gambaran kuantitatif mengenai efektivitas pengendalian ruang di lapangan, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam dua kondisi keruangan sebagai berikut:

a) **Pemanfaatan Ruang yang Sesuai**

Pemanfaatan ruang yang dikategorikan sesuai merepresentasikan area-area di mana aktivitas pemanfaatan lahan aktual oleh masyarakat telah berjalan selaras dengan fungsi kawasan yang diamanatkan dalam Peraturan Daerah Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024. Berdasarkan hasil tumpang susun, tingkat kesesuaian ruang di Kabupaten Temanggung menunjukkan performa yang sangat positif, terutama pada kawasan penjaga ekologis. Hal ini dibuktikan dengan tidak ditemukannya indikasi perambahan atau alih fungsi lahan eksisting pada Kawasan Hutan Lindung, di mana seluruh areanya tetap terjaga sesuai peruntukannya.

Selain kawasan lindung, kesesuaian pemanfaatan ruang juga mendominasi Kawasan Budidaya. Area permukiman terbangun, lahan sawah, perkebunan, dan hortikultura secara umum telah terakomodasi dengan presisi di atas peruntukan zonanya masing-masing. Begitu pula dengan lahan-lahan agraris eksisting (seperti kebun dan sawah) yang berada di atas rencana Kawasan Permukiman atau Industri, yang statusnya tetap dikategorikan sesuai sebagai lahan cadangan yang belum terbangun. Terpeliharanya kesesuaian ini sangat esensial dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan wilayah, terutama dalam mempertahankan area resapan air di kawasan pegunungan.

b) **Pemanfaatan Ruang yang Tidak Sesuai**

Pemanfaatan ruang yang dikategorikan tidak sesuai mengindikasikan adanya penyimpangan pemanfaatan lahan aktual terhadap peruntukan ideal yang telah ditetapkan pemerintah daerah. Berdasarkan ekstraksi data keruangan, ketidaksesuaian utama di Kabupaten Temanggung tidak terjadi pada Kawasan Hutan, melainkan terpusat pada alih fungsi lahan budidaya produktif menjadi kawasan terbangun. Indikasi pelanggaran paling masif tercatat pada Kawasan Tanaman Pangan yang diokupasi oleh aktivitas Permukiman seluas 187,9 Ha. Pola perambahan serupa juga ditemukan pada Kawasan Perkebunan yang beralih fungsi menjadi Permukiman seluas 156,6 Ha.

Selain ekspansi permukiman, ketidaksesuaian juga dipicu oleh benturan fungsi kegiatan, seperti keberadaan lahan industri dan pergudangan di dalam Kawasan Permukiman yang berpotensi menimbulkan konflik tata ruang. Dalam konteks mitigasi bencana alam, khususnya tanah longsor, masifnya alih fungsi lahan bervegetasi (seperti sawah dan perkebunan) menjadi permukaan kedap air (permukiman dan industri) memiliki implikasi yang sangat serius. Perubahan tutupan lahan ini akan memperbesar volume limpasan air permukaan (*run-off*) dan mengurangi daya ikat tanah, yang secara akumulatif akan

meningkatkan tingkat kerentanan fisik lingkungan wilayah tersebut. Rincian matriks dan justifikasi hasil evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang di Kabupaten Temanggung dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.2 Kesesuaian penggunaan lahan terhadap rencana pola ruang

Tabel 4.3 Kesesuaian Penggunaan lahan Terhadap Rencana Pola Ruang

Kawasan	Luas (Ha)	Keterangan	Justifikasi
Badan Air	507,884		
Badan Air	507,884	Sesuai	Sesuai dengan fungsi alami dan pelestarian.
Kawasan Cagar Budaya	10,092		
Hortikultura	9,372	Tidak Sesuai	Mengancam kelestarian situs warisan/cagar budaya.
Permukiman	0,720	Tidak Sesuai	Mengancam kelestarian situs warisan/cagar budaya.
Kawasan Hortikultura	13382,715		
Hortikultura	13192,369	Sesuai	Selaras dengan fungsi pertanian lahan kering/RTH. Hutan eksisting memberikan nilai ekologis lebih baik.
Hutan Lindung	0,015	Sesuai	Selaras dengan fungsi pertanian lahan kering/RTH. Hutan eksisting memberikan nilai ekologis lebih baik.
Industri	0,338	Tidak Sesuai	Alih fungsi lahan pertanian produktif menjadi kawasan terbangun/kegiatan mengganggu.
Pergudangan	0,101	Tidak Sesuai	Alih fungsi lahan pertanian produktif menjadi kawasan terbangun/kegiatan mengganggu.
Perkebunan	122,578	Sesuai	Sama-sama fungsi agraris bervegetasi yang aman untuk lereng.

Kawasan	Luas (Ha)	Keterangan	Justifikasi
Permukiman	57,078	Tidak Sesuai	Alih fungsi lahan pertanian produktif menjadi kawasan terbangun/kegiatan mengganggu.
Peternakan	3,944	Tidak Sesuai	Alih fungsi lahan pertanian produktif menjadi kawasan terbangun/kegiatan mengganggu.
Sawah	6,293	Sesuai	Selaras dengan fungsi pertanian lahan kering/RTH. Hutan eksisting memberikan nilai ekologis lebih baik.
Kawasan Hutan Lindung	3209,429 (Ha)		
Hutan Lindung	3209,429	Sesuai	Terjaga fungsinya
Kawasan Hutan Produksi Terbatas	2971,941 (Ha)		
Badan Air	0,033	Sesuai	Sesuai dengan fungsi kawasan hutan dan bentang alam.
Hutan Produksi Terbatas	2971,861	Sesuai	Sesuai dengan fungsi kawasan hutan dan bentang alam.
Perkebunan	0,047	Tidak Sesuai	Indikasi perambahan kawasan hutan (ilegal).
Kawasan Hutan Produksi Tetap	7386,831 (Ha)		
Hortikultura	0,000	Sesuai	Sesuai fungsi kehutanan
Hutan Produksi Tetap	7386,831	Sesuai	Sesuai fungsi kehutanan
Kawasan Perkebunan	25744,248 (Ha)		
Hutan Produksi Terbatas	0,064	Sesuai	Fungsi budidaya tanaman keras yang sangat mendukung kestabilan lereng.
Hutan Produksi Tetap	0,098	Sesuai	Fungsi budidaya tanaman keras yang sangat mendukung kestabilan lereng.

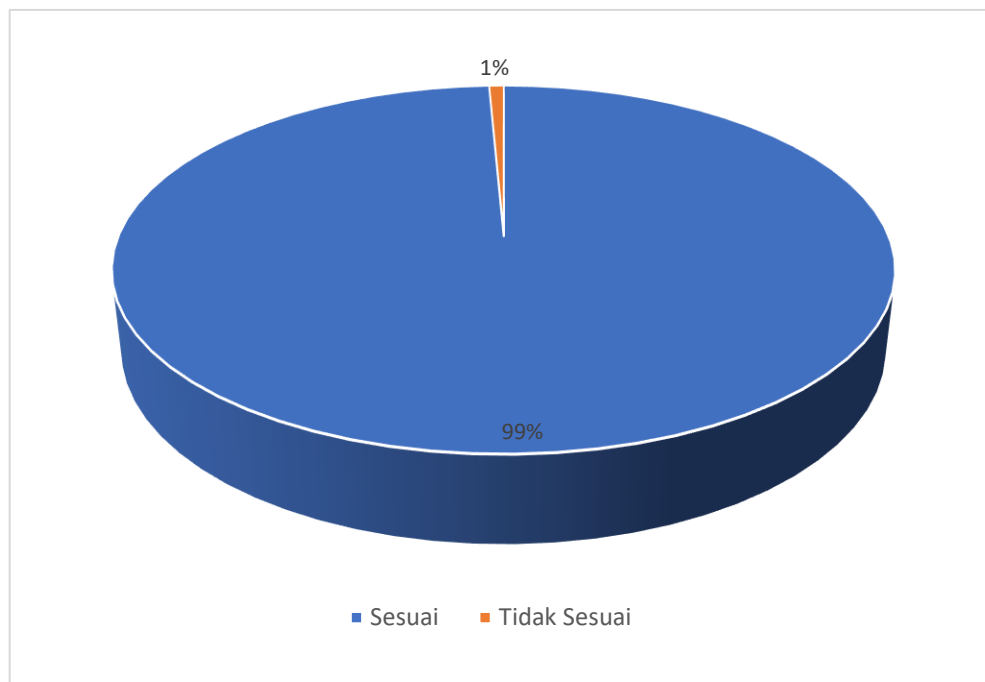
Kawasan	Luas (Ha)	Keterangan	Justifikasi
Industri	1,468	Tidak Sesuai	Alih fungsi yang mengurangi daya ikat tanah terhadap potensi longsor.
Pergudangan	0,688	Tidak Sesuai	Alih fungsi yang mengurangi daya ikat tanah terhadap potensi longsor.
Perkebunan	25551,767	Sesuai	Fungsi budidaya tanaman keras yang sangat mendukung kestabilan lereng.
Permukiman	156,695	Tidak Sesuai	Alih fungsi yang mengurangi daya ikat tanah terhadap potensi longsor.
Peternakan	21,680	Tidak Sesuai	Alih fungsi yang mengurangi daya ikat tanah terhadap potensi longsor.
Sawah	11,787	Tidak Sesuai	Alih fungsi yang mengurangi daya ikat tanah terhadap potensi longsor.
Kawasan Permukiman	13431,024 (Ha)		
Embung	0,677	Sesuai	Sesuai fungsi utama dan fasilitas penunjangnya (fasum).
Hortikultura	653,691	Sesuai	Lahan cadangan/pekarangan yang belum terbangun .
Industri	27,082	Tidak Sesuai	Menimbulkan konflik aktivitas (polusi, bising, bau) di area hunian.
Pergudangan	6,737	Tidak Sesuai	Menimbulkan konflik aktivitas (polusi, bising, bau) di area hunian.
Perkebunan	3351,540	Sesuai	Lahan cadangan/pekarangan yang belum terbangun .
Permukiman	7832,096	Sesuai	Sesuai fungsi utama dan fasilitas penunjangnya (fasum).
Peternakan	7,476	Tidak Sesuai	Menimbulkan konflik aktivitas (polusi, bising, bau) di area hunian.
Sawah	1551,725	Sesuai	Lahan cadangan/pekarangan yang belum terbangun .
Kawasan Pertahanan dan Keamanan	89,883 (Ha)		

Kawasan	Luas (Ha)	Keterangan	Justifikasi
Perkebunan	89,687	Tidak Sesuai	Bukan fasilitas/instansi militer atau kepolisian.
Permukiman	0,196	Tidak Sesuai	Bukan fasilitas/instansi militer atau kepolisian.
Kawasan Peruntukan Industri	980,299 (Ha)		
Industri	153,469	Sesuai	Sesuai peruntukan aktivitas.
Pergudangan	3,867	Sesuai	Sesuai peruntukan aktivitas.
Perkebunan	639,013	Sesuai	Lahan cadangan yang belum terbangun.
Permukiman	36,467	Tidak Sesuai	Risiko tinggi konflik tata ruang dan bahaya operasional pabrik terhadap warga.
Peternakan	0,322	Tidak Sesuai	Risiko tinggi konflik tata ruang dan bahaya operasional pabrik terhadap warga.
Sawah	147,162	Sesuai	Lahan cadangan yang belum terbangun.
Kawasan Tanaman Pangan	18719,543 (Ha)		
Hortikultura	907,797	Sesuai	Sesuai peruntukan perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B).
Industri	0,449	Tidak Sesuai	Pelanggaran alih fungsi lahan pangan menjadi terbangun/tanaman keras.
Pergudangan	1,278	Tidak Sesuai	Pelanggaran alih fungsi lahan pangan menjadi terbangun/tanaman keras.
Perkebunan	25,814	Sesuai	Sesuai peruntukan perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B).
Permukiman	187,915	Tidak Sesuai	Pelanggaran alih fungsi lahan pangan menjadi terbangun/tanaman keras.

Kawasan	Luas (Ha)	Keterangan	Justifikasi
Peternakan	9,179	Tidak Sesuai	Pelanggaran alih fungsi lahan pangan menjadi terbangun/tanaman keras.
Sawah	17587,110	Sesuai	Sesuai peruntukan perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B).

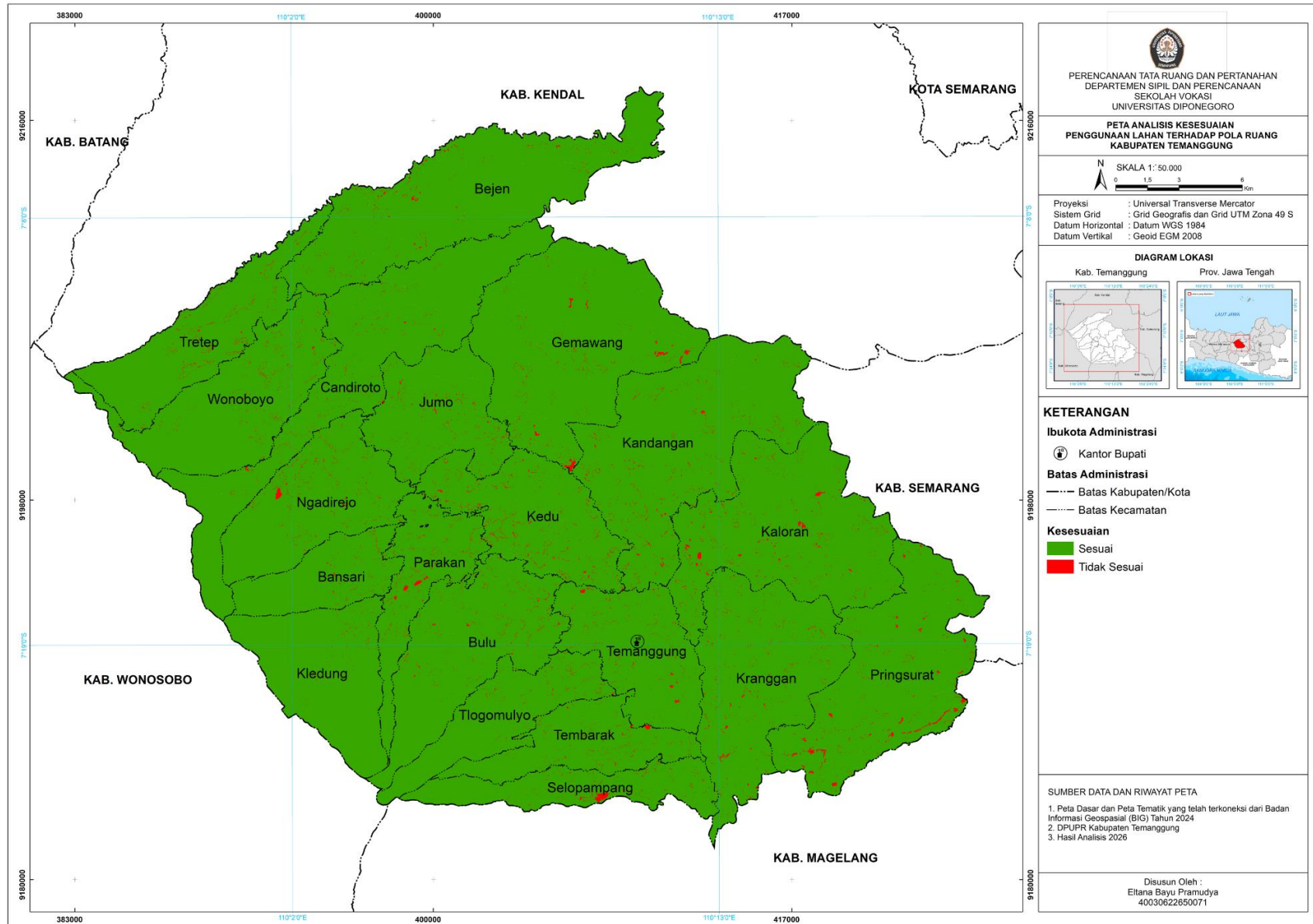
Sumber: Hasil Analisis, 2026

Evaluasi kesesuaian ruang Kabupaten Temanggung secara umum menunjukkan tren positif, ditandai dengan terjaganya fungsi ekologis Kawasan Hutan Lindung (3.209,429 Ha) dan Badan Air (507,884 Ha) secara utuh, serta berfungsinya lahan agraris di zona terbangun sebagai cadangan ruang. Namun, evaluasi ini juga menemukan pelanggaran spasial yang memicu kerentanan bencana dan konflik lingkungan. Pelanggaran utama berupa masifnya alih fungsi Kawasan Tanaman Pangan dan Perkebunan menjadi permukiman (masing-masing seluas 187,915 Ha dan 156,695 Ha), yang berdampak pada penurunan daya ikat lereng dan peningkatan limpasan permukaan (run-off). Selain itu, terdapat anomali tata ruang akibat beroperasinya kawasan industri (27,082 Ha) dan pergudangan (6,737 Ha) di dalam zona permukiman, yang berisiko tinggi menimbulkan konflik akibat gangguan polusi dan kebisingan.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.2 Persehtase dari Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Pola Ruang



Sumber: Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.3 Peta Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Pola Ruang

4.2 Analisis Kerentanan (Vulnerability) Wilayah Terhadap Bencana Tanah Longsor

Analisis kerentanan wilayah bertujuan untuk mengukur tingkat paparan dan potensi kerugian yang akan dialami oleh suatu kawasan apabila terjadi bencana tanah longsor. Berdasarkan pedoman Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, evaluasi kerentanan dalam penelitian ini dikuantifikasi melalui empat dimensi utama, yaitu kerentanan sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Seluruh variabel tersebut dianalisis menggunakan pendekatan spasial guna menghasilkan zonasi tingkat kerentanan yang presisi di Kabupaten Temanggung

4.2.1 Analisis Kerentanan Sosial

Analisis kerentanan sosial dilakukan untuk menilai tingkat kerentanan komponen demografi atau penduduk terhadap bencana tanah longsor. Elemen manusia merupakan komponen paling krusial dalam kajian mitigasi bencana karena berkaitan langsung dengan keselamatan jiwa (fatalities). Berdasarkan parameter Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012, kerentanan sosial dalam pemodelan ini diukur melalui dua kriteria utama, yaitu kepadatan penduduk (jiwa/km²) dengan bobot pengaruh sebesar 60% dan rasio kelompok umur rentan dengan bobot pengaruh sebesar 40%.

Tabel 4.4 Komponen Indeks Penduduk Terpapar

Komponen / Indikator	Bobot	Kelas Indeks	Rentang Nilai	Skor
Kepadatan Penduduk	60%	Rendah	< 500 jiwa/km ²	1
		Sedang	500 – 1.000 jiwa/km ²	2
		Tinggi	> 1.000 jiwa/km ²	3
Kelompok Rentan	40%	Rendah	< 20%	1
		Sedang	20% – 40%	2
		Tinggi	> 40%	3

Sumber : Perka BNPB Nomer 2 Tahun 2012

a) Distribusi Kepadatan Penduduk Berbasis Dasimetrik

Perhitungan kepadatan penduduk konvensional yang membagi jumlah penduduk dengan luas administrasi kecamatan sering kali menimbulkan bias spasial. Untuk mendapatkan tingkat eksposur yang presisi, penelitian ini mendistribusikan data agregat jumlah penduduk murni ke dalam unit spasial Penggunaan Lahan Permukiman menggunakan teknik Pemetaan Dasimetrik (*Dasymetric Mapping*). Perhitungan kepadatan

penduduk konvensional yang membagi jumlah penduduk dengan luas administrasi kecamatan sering kali menimbulkan bias spasial. Untuk mendapatkan tingkat eksposur yang presisi, penelitian ini mendistribusikan data agregat jumlah penduduk murni ke dalam unit spasial Penggunaan Lahan Permukiman menggunakan teknik Pemetaan Dasimetrik (*Dasymetric Mapping*).

Secara matematis, ekstraksi nilai kepadatan ini dieksekusi menggunakan kalkulasi atribut spasial dengan persamaan berikut:

$$\text{Kepadatan Penduduk} = \frac{\text{Jumlah Kepadatan Penduduk Kecamatan (jiwa)}}{\text{Luas Permukiman Per Kecamatan (Km}^2\text{)}}$$

Melalui persamaan tersebut, luas wilayah administrasi tidak lagi menjadi faktor pembagi, melainkan digantikan oleh akumulasi luasan poligon yang secara aktual difungsikan sebagai ruang hunian. Rekapitulasi hasil perhitungan kepadatan penduduk berbasis dasimetrik beserta pengkelasan skornya dapat dilihat pada Tabel 4. 4 Kepadatan Penduduk Berdasarkan Penggunaan Lahan Permukiman Per Kecamatan

Tabel 4.5 Kepadatan Penduduk Berdasarkan Penggunaan Lahan Permukiman Per Kecamatan

Kecamatan	Luas (Km2)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km2)	Skor
Bansari	2,38	25150	10572	3
Bejen	2,44	22244	9115	3
Bulu	4,93	51035	10360	3
Candiroto	2,81	34288	12208	3
Gemawang	3,19	35599	11161	3
Jumo	2,69	31555	11711	3
Kaloran	6,02	47629	7912	3
Kandangan	5,84	55293	9469	3
Kedu	6,10	61569	10088	3
Kledung	2,07	29028	13993	3
Kranggan	6,50	51561	7935	3
Ngadirejo	4,83	59372	12300	3
Parakan	4,30	54815	12755	3
Pringsurat	7,31	54319	7430	3
Selopampang	1,91	21236	11127	3
Temanggung	10,45	85404	8174	3
Tembarak	2,84	32653	11499	3
Tlogomulyo	2,02	23861	11791	3

Tretep	1,85	22330	12076	3
Wonobojo	2,23	27769	12429	3

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan ekstraksi data spasial pada Tabel 4.4 Kepadatan Penduduk Berdasarkan Penggunaan Lahan Permukiman Per Kecamatan di atas, teridentifikasi sebuah fenomena keruangan yang sangat signifikan. Kepadatan dasimetrik tertinggi tercatat di Kecamatan Kledung yang mencapai 13.993 jiwa/km², sementara yang terendah berada di Kecamatan Pringsurat dengan 7.430 jiwa/km². Jika dikomparasikan dengan standar klasifikasi kerentanan Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012 yang menetapkan batas kepadatan > 1.000 jiwa/km² sebagai kelas Tinggi, maka seluruh unit poligon permukiman di Kabupaten Temanggung secara mutlak mendapatkan Skor 3 (Tinggi).

b) Distribusi Kelompok Rentan (Kelompok Umur dan Jenis Kelamin)

Parameter penentu kedua dalam pemodelan kerentanan sosial adalah rasio kelompok rentan. Kelompok ini merupakan bagian dari demografi masyarakat yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi serta keterbatasan kapasitas baik secara fisik, mobilitas, maupun kemandirian dalam merespons instruksi evakuasi darurat—saat berhadapan dengan ancaman longsor. Merujuk pada modifikasi parameter Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012, kerentanan pada studi ini diukur melalui dua indikator, yaitu rasio penduduk belum produktif dan lanjut usia (0–19 tahun dan 65+ tahun), serta rasio jenis kelamin perempuan.

Secara keruangan, atribut kelompok rentan ini didistribusikan secara join tabular ke dalam unit spasial poligon permukiman eksisting. Rekapitulasi hasil perhitungan rasio dan penetapan skor kelompok rentan di masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.5 Skoring Kelompok Rentan di Kabupaten Temanggung

Tabel 4.6 Skoring Kelompok Rentan di Kabupaten Temanggung

No	Kecamatan	Laki-laki (Jiwa)	Perempuan (Jiwa)	Total Penduduk (Jiwa)	Total Kelompok Rentan (Jiwa)	Jumlah rasio kelamin	Rasio Kelompok umur	Skor rasio Kelamin	Skor Kelompok umur
1	Bulu	25.886	25.149	51.035	19656	49%	39%	3	2
2	Tembarak	16.681	15.972	32.653	12975	49%	40%	3	2
3	Temanggung	42.496	42.908	85.404	32537	50%	38%	3	2
4	Pringsurat	27.177	27.142	54.319	20251	50%	37%	3	2
5	Kaloran	23.856	23.773	47.629	17790	50%	37%	3	2
6	Kandangan	28.052	27.241	55.293	21832	49%	39%	3	2
7	Kedu	31.102	30.467	61.569	23888	49%	39%	3	2
8	Parakan	27.628	27.187	54.815	20652	50%	38%	3	2

9	Ngadirejo	30.024	29.348	59.372	23119	49%	39%	3	2
10	Jumo	15.872	15.683	31.555	12241	50%	39%	3	2
11	Tretep	11.425	10.905	22.330	8641	49%	39%	3	2
12	Candiroto	17.232	17.056	34.288	13213	50%	39%	3	2
13	Kranggan	25.654	25.907	51.561	19645	50%	38%	3	2
14	Tlogomulyo	12.171	11.690	23.861	9148	49%	38%	3	2
15	Selopampang	10.783	10.453	21.236	8399	49%	40%	3	2
16	Bansari	12.781	12.369	25.150	9846	49%	39%	3	2
17	Kledung	14.785	14.243	29.028	11429	49%	39%	3	2
18	Bejen	11.281	10.963	22.244	8369	49%	38%	3	2
19	Wonobojo	14.079	13.690	27.769	10812	49%	39%	3	2
20	Gemawang	17.938	17.661	35.599	13864	50%	39%	3	2

Sumber: Hasil Analisis, 2026

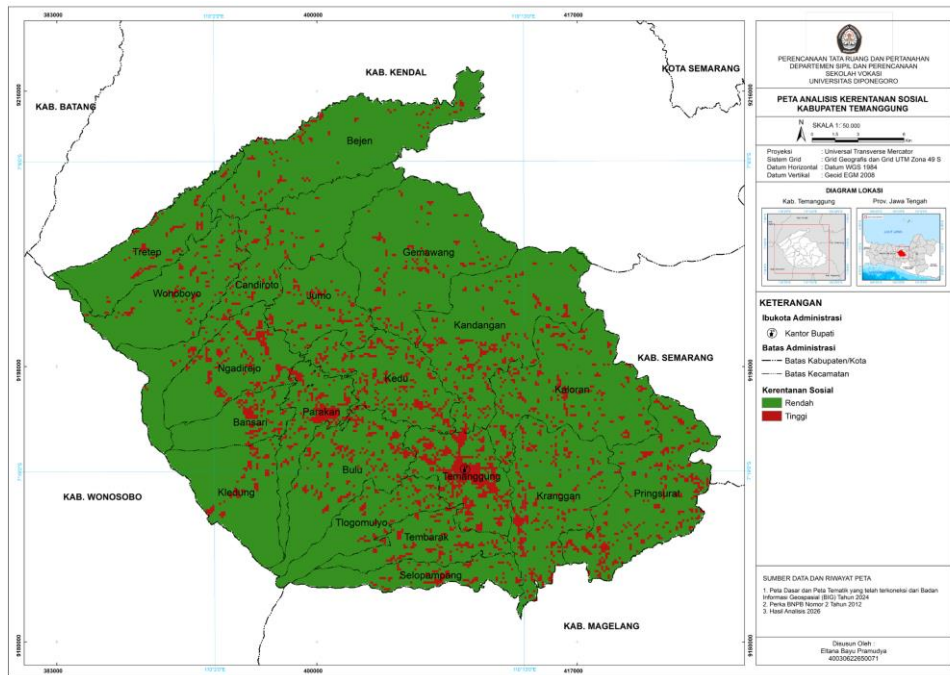
Berdasarkan data pada Tabel 4.5 Skoring Kelompok Rentan di Kabupaten Temanggung, teridentifikasi pola sebaran demografis yang sangat homogen di seluruh wilayah Kabupaten Temanggung. Persentase rasio kelompok umur rentan di 20 kecamatan berada pada rentang yang sangat sempit, yakni 37% hingga 40%. Sesuai dengan matriks klasifikasi pedoman BNPB, seluruh kecamatan secara absolut terklasifikasi ke dalam kelas Sedang (Skor 2). Fenomena serupa terkonfirmasi pada parameter rasio jenis kelamin, di mana proporsi penduduk perempuan di setiap poligon menempati angka 49% hingga 50%, yang secara merata menghasilkan Skor 3 (Tinggi).

c) Indeks Kerentanan Sosial Spasial

Pemodelan komposit untuk Peta Kerentanan Sosial dieksekusi melalui teknik tumpang susun berbobot (Weighted Overlay) di dalam perangkat lunak SIG. Operasi matematis yang diterapkan pada tabel atribut poligon permukiman eksisting mengikuti persamaan

$$\text{Nilai Kerentanan Sosial} = (\text{Skor Kepadatan} \times 0,6) + (\text{Skor Kerentan} \times 0,4)$$

Mengingat parameter kelompok rentan menghasilkan skor yang seragam, sedangkan kepadatan penduduk berbasis dasimetrik secara mutlak menembus batas Skor 3 di seluruh area terbangun, maka nilai kerentanan sosial komposit di Kabupaten Temanggung menunjukkan tingkat eksposur spasial yang maksimal pada unit-unit permukiman. Hasil kuantifikasi luasan untuk masing-masing kelas kerentanan komposit ditampilkan pada peta berikut



Sumber: Hasil Analisis. 2026

Gambar 4.4 Peta Kerentanan Sosial di Kabupaten Temanggung

4.2.2 Analisis Kerentanan Ekonomi

Analisis kerentanan ekonomi bertujuan untuk menaksir potensi kerugian material dan finansial yang timbul akibat rusaknya aset produktif serta terhentinya aktivitas perputaran ekonomi suatu wilayah apabila terdampak bencana tanah longsor. Merujuk pada parameter Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, kerentanan ekonomi pada tingkat kabupaten umumnya dikuantifikasi menggunakan indikator Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sektoral dan luas lahan produktif.

Namun, penggunaan data PDRB yang bersifat agregat berskala kabupaten sering kali memunculkan bias spasial. Data agregat mengasumsikan bahwa perputaran nilai ekonomi tersebar secara merata di seluruh wilayah administrasi, padahal secara faktual aktivitas ekonomi memusat pada lokus-lokus penggunaan lahan tertentu. Untuk menghasilkan estimasi kerugian keruangan yang presisi, penelitian ini mendistribusikan data PDRB sektoral Kabupaten Temanggung secara absolut ke dalam unit spasial poligon lahan eksisting menggunakan teknik Pemetaan Dasimetrik (Dasymetric Mapping).

Tabel 4.7 Indeks Kerugian Sektor Ekonomi

Indikator Penilaian	Kelas Indeks	Rentang Nilai Valuasi (Kontribusi PDRB)	Skor
	Rendah	< Rp 100.000.000	1

Estimasi Nilai Valuasi Ekonomi per Poligon Lahan	Sedang	Rp 100.000.000 – Rp 300.000.000	2
	Tinggi	> Rp 300.000.000	3

Sumber : Perka BNPB Nomer 2 Tahun 2012

Proses distribusi valuasi ekonomi menggunakan metode *Dasymetric Mapping* mensyaratkan adanya reklasifikasi sektor-sektor PDRB agar selaras dengan fungsi aktual poligon penggunaan lahan eksisting. Mengingat peta tutupan lahan tidak merinci kawasan niaga atau perkantoran secara spesifik, maka seluruh perputaran sektor jasa dan perdagangan diasumsikan berpusat di dalam poligon permukiman (sebagai kawasan campuran/perkotaan). Rincian alokasi sektoral PDRB terhadap kelas penggunaan lahan di Kabupaten Temanggung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.8 Nilai PDRB Kabupaten Temanggung

Kelompok Klasifikasi Lahan	Jenis Penggunaan Lahan Eksisting	Sektor PDRB Terkait	Total Nilai Ekonomi (Miliar Rupiah)
Lahan Agraris & Kehutanan	Hortikultura, Sawah, Perkebunan, Peternakan, Hutan Produksi Tetap, Hutan Produksi Terbatas	Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan	7179
Lahan Industri	Industri	Industri Pengolahan	7907
Lahan Pergudangan	Pergudangan	Transportasi dan Pergudangan	1695
Lahan Permukiman (<i>Kawasan Campuran/Perkotaan</i>)	Permukiman	Jasa, Perdagangan, Konstruksi, Akomodasi/Makan Minum, Informasi, Keuangan, Real Estat, Administrasi, Pendidikan, Kesehatan, Pertambangan, Listrik, dan Air	14403
Lahan Lindung (<i>Non-Ekonomi</i>)	Hutan Lindung, Badan Air, Embung	<i>Tidak ada / Nihil (Fungsi penyangga ekologis)</i>	0

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan klasifikasi pada Tabel 4.7 Nilai PDRB Kabupaten Temanggung, teridentifikasi sebuah polarisasi spasial-ekonomi yang sangat tegas di Kabupaten Temanggung. Lahan permukiman yang difungsikan sebagai kawasan campuran memikul beban perputaran PDRB terbesar, yakni mencapai Rp 14,4 Triliun. Secara keruangan, hal ini mengindikasikan bahwa meskipun luasan poligon permukiman jauh lebih kecil

dibandingkan hamparan lahan agraris (Rp 7,1 Triliun), kepadatan ekonomi (economic density) di dalam kawasan terbangun tersebut bernilai tinggi.

Kalkulasi nilai estimasi rupiah untuk setiap unit poligon lahan dieksekusi di dalam attribute table Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan persamaan dasar pemetaan dasimetrik berikut:

Indeks Kerentanan Ekonomi

$$= \frac{\text{Luas Lahan Eksisting Terkait (Ha)}}{\text{Total Luas Lahan Eksisting Terkait}} \times \text{Nilai PDRB Terkait}$$

Persamaan spasial tersebut, sebuah poligon lahan perkebunan atau industri berskala masif akan secara otomatis menanggung estimasi beban kerugian ekonomi yang lebih besar dibandingkan poligon berskala kecil yang terfragmentasi. Pendekatan ini memastikan tingkat presisi eksposur aset ekonomi terhadap ancaman bencana menjadi sangat akurat.

Setelah kalkulasi dasimetrik diselesaikan, seluruh poligon lahan produktif akan memiliki atribut estimasi nilai kerugian riil dalam satuan Rupiah. Poligon-poligon ini selanjutnya direklasifikasi ke dalam tiga kelas indeks kerentanan (Rendah, Sedang, Tinggi). Setelah kalkulasi dasimetrik diselesaikan, seluruh poligon lahan produktif akan memiliki atribut estimasi nilai kerugian riil dalam satuan Rupiah. Poligon-poligon ini selanjutnya direklasifikasi ke dalam tiga kelas indeks kerentanan (Rendah, Sedang, Tinggi). Pengklasifikasian ini didasarkan pada ambang batas (threshold) kontribusi ekonomi yang diamanatkan dalam Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, yakni kelas Rendah untuk luasan dengan estimasi valuasi di bawah Rp 100 Juta, kelas Sedang untuk rentang Rp 100 Juta hingga Rp 300 Juta, dan kelas Tinggi untuk nilai di atas Rp 300 Juta. Secara keruangan, sintesis indeks kerentanan ekonomi ini menunjukkan dua karakteristik utama:

1. **Konsentrasi Kerentanan Tinggi:** Secara spasial diproyeksikan terpusat pada hamparan lahan pertanian intensif (Sawah dan Hortikultura) yang luas di kawasan tengah dan timur kabupaten, serta blok-blok peruntukan industri. Apabila area ini mengalami pergerakan tanah, skala kerusakan infrastruktur produksi dan potensi gagal panen yang ditimbulkan akan memberikan guncangan yang signifikan terhadap makroekonomi wilayah.
2. **Kawasan Nir-Kerentanan (Beban Nol):** Poligon penggunaan lahan yang tidak memiliki fungsi ekonomi produktif langsung, atau yang estimasi kerugiannya telah dikuantifikasi pada indeks kerentanan lain (seperti permukiman yang sudah masuk di kerentanan

sosial/fisik, serta hutan lindung dan badan air), dieliminasi dari perhitungan indeks ini guna menghindari perhitungan ganda (double counting)

4.2.3 Analisis kerentanan fisik

Analisis kerentanan fisik bertujuan untuk menaksir potensi kerugian material berupa kerusakan atau kehancuran aset infrastruktur buatan manusia apabila suatu wilayah diterjang tanah longsor. Berbeda dengan kerentanan ekonomi yang menghitung hilangnya "perputaran uang dan produksi", kerentanan fisik murni mengkuantifikasi estimasi biaya penggantian (*replacement cost*) dari wujud fisik beton dan bata yang hancur. Merujuk pada parameter Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, kerentanan fisik dikalkulasi melalui tiga komponen utama infrastruktur terbangun, yaitu Rumah (bobot 40%), Fasilitas Umum (bobot 30%), dan Fasilitas Kritis (bobot 30%).

Tabel 4.9 Komponen Indeks Kerugian

No	Komponen Kerentanan Fisik	Kelas Rendah	Kelas Sedang	Kelas Tinggi	Bobot
1	Rumah	< Rp 400 juta	Rp 400 jt - 800 jt	> Rp 800 jt	40%
2	Fas. Umum	< Rp 500 juta	Rp 500 jt - 1 M	> Rp 1 M	30%
3	Fas. Kritis	< Rp 500 juta	Rp 500 jt - 1 M	> Rp 1 M	30%

Sumber : Perka BNPB Nomer 2 Tahun 2012

Keterbatasan data atribut harga riil untuk setiap unit bangunan diatasi dengan menerapkan pendekatan valuasi berbasis regulasi lokal. Estimasi nilai fisik aset dikonversi dari data luasan spasial menggunakan ketentuan Harga Satuan Prasarana Bangunan Gedung yang diatur secara resmi dalam Peraturan Bupati Temanggung Nomor 17 Tahun 2023 tentang Standar Harga Satuan Tertinggi dan Harga Satuan Prasarana Bangunan Gedung Kabupaten Temanggung Tahun 2023.

a) Rumah (Kawasan Permukiman)

Ketiadaan data spasial tapak bangunan (building footprint) secara spesifik pada level kabupaten diatasi dengan menerapkan pendekatan estimasi luasan terbangun berbasis Koefisien Dasar Bangunan (KDB). Merujuk pada panduan tata ruang dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan

Perumahan dan regulasi umum Peraturan Zonasi untuk zona perumahan kepadatan sedang, proporsi KDB diasumsikan berada pada persentase 60% dari total luas unit poligon permukiman eksisting. Asumsi ini digunakan untuk mengekstraksi luasan lantai bangunan riil dengan mengeliminasi luasan pekarangan dan infrastruktur jalan lingkungan yang tidak termasuk dalam valuasi aset rumah.

Estimasi luasan terbangun efektif tersebut kemudian dikalikan dengan standar harga Bangunan Rumah Negara Tipe C, D, dan E berdasarkan Peraturan Bupati Temanggung Nomor 17 Tahun 2023, yakni sebesar Rp 6.180.000 per meter persegi. Adapun formulasi spasial yang dieksekusi di dalam perangkat lunak SIG mengikuti persamaan berikut :

$$\text{Estimasi Nilai Rumah} = \text{Luas Lahan Prmukiman}(m^2) \times 60\% \times 6.180.000$$

b) Fasilitas Umum (Fokus: Fasilitas Pendidikan)

Ketersediaan data spasial luasan tapak bangunan (building footprint) khusus untuk sarana pendidikan memungkinkan perhitungan valuasi kerugian fisik dilakukan secara deterministik dan presisi. Estimasi kerugian dieksekusi berdasarkan perhitungan nilai penggantian wujud fisik bangunan gedung. Luas lantai aktual dari setiap unit sarana pendidikan dikalikan dengan standar harga Bangunan Gedung Negara Sederhana berdasarkan Peraturan Bupati Temanggung Nomor 17 Tahun 2023, yakni sebesar Rp 6.460.000 per meter persegi. Adapun formulasi spasial yang dieksekusi mengikuti persamaan berikut::

$$\text{Estimasi Nilai Fasilitas Umum} = \text{Luas Bangunan} (m^2) \times 6.460.000$$

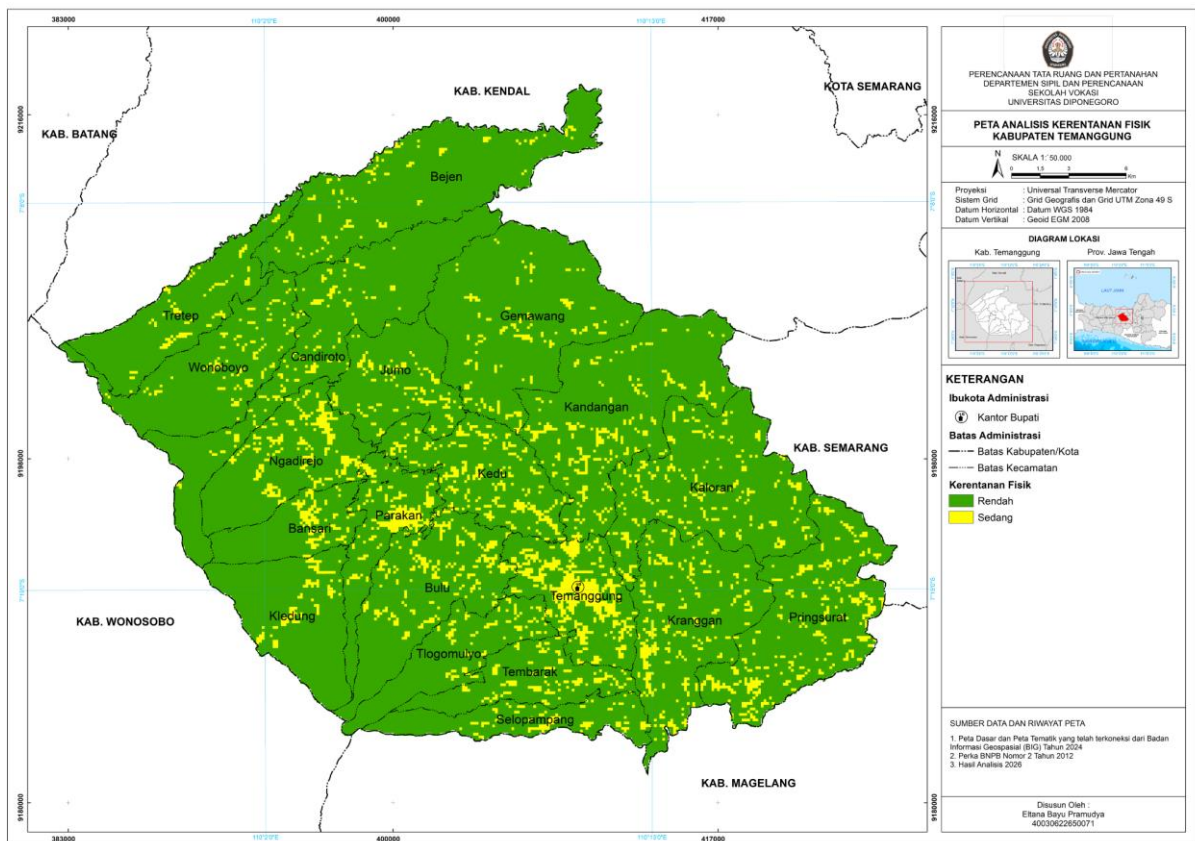
Hasil estimasi nilai bangunan tersebut kemudian direklasifikasi secara tabular mengikuti matriks ambang batas kerentanan BNPB. Klasifikasi dieksekusi secara proporsional sesuai dengan luasan bangunan masing-masing, di mana bangunan berskala kecil bernilai di bawah Rp 500 Juta dikategorikan sebagai Kelas Rendah (Skor 1), bangunan menengah pada rentang Rp 500 Juta hingga Rp 1 Miliar masuk dalam Kelas Sedang (Skor 2), dan kompleks fasilitas umum masif yang nilainya melampaui Rp 1 Miliar secara otomatis diklasifikasikan ke dalam Kelas Tinggi (Skor 3).

c) Fasilitas Kritis (Fokus: Rumah Sakit dan Puskesmas Rawat Inap)

Sama halnya dengan fasilitas umum, pemodelan valuasi fasilitas kritis dieksekusi secara aktual menggunakan luasan poligon bangunannya. Infrastruktur vital seperti rumah sakit dikategorikan sebagai Bangunan Gedung Negara Tidak Sederhana, yang menuntut standar resiliensi tinggi, sehingga harga dasar konstruksinya ditetapkan pada angka tertinggi yakni Rp 7.570.000 per meter persegi. Formulasi kalkulasinya adalah sebagai berikut:

$$\text{Estimasi Nilai Fasilitas Kritis} = \text{Luas Bangunan (m}^2\text{)} \times 7.570.000$$

Sama halnya dengan prosedur pada fasilitas umum, nilai aset fasilitas kritis ini dikelompokkan secara organik berdasarkan perhitungan matriks BNPB. Bangunan puskesmas berskala kecil (luas bangunan terbatas) yang estimasi pembangunannya berada di bawah Rp 500 Juta ditempatkan pada Kelas Rendah (Skor 1), sedangkan infrastruktur vital setingkat Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) atau puskesmas utama dengan luasan terbangun masif yang menghasilkan nilai valuasi di atas Rp 1 Miliar akan langsung menempati posisi Kelas Tinggi (Skor 3).



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.5 Peta Kerentanan Fisik di Kabupaten Temanggung

4.2.4 Analisis Kerentanan Lingkungan

Analisis kerentanan lingkungan bertujuan untuk mengkuantifikasi tingkat kerugian ekologis dan hilangnya fungsi penyangga sistem kehidupan (life support system) apabila kawasan tutupan lahan alami hancur akibat material longsor. Berbeda dengan kerentanan fisik dan ekonomi yang dinilai dalam besaran Rupiah, kerentanan lingkungan diukur berdasarkan parameter luasan aktual (Hektar) tutupan lahan vegetasi alami yang terpapar.

a) Klasifikasi dan Skoring Parameter Lingkungan

Proses ekstraksi data kerentanan lingkungan dilakukan melalui query atribut pada peta Penggunaan Lahan eksisting Kabupaten Temanggung. Matriks parameter acuan merujuk pada Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 yang mencakup empat variabel utama: Hutan Lindung, Hutan Alam, Hutan Bakau/Mangrove, dan Semak Belukar. Melalui proses sinkronisasi dengan ketersediaan kelas tutupan lahan eksisting di wilayah studi, dilakukan penyesuaian parameter spasial sebagai berikut:

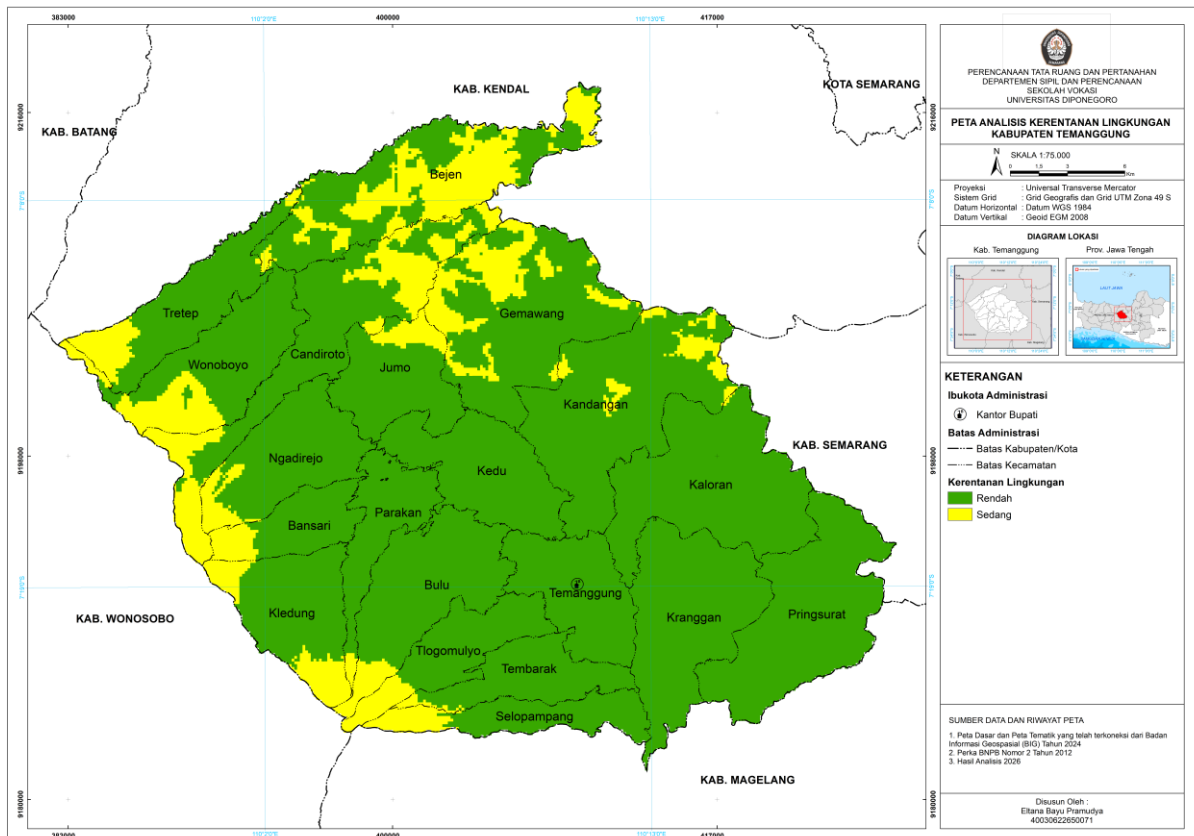
Tabel 4.10 Komponen Indeks Lingkungan

Parameter Tutupan Lahan	Jenis PL Eksisting Kab. Temanggung	Bobot (%)	Kelas	Kelas	Kelas
			Rendah (Skor 1)	Sedang (Skor 2)	Tinggi (Skor 3)
Hutan Lindung	Hutan Lindung	40%	< 20 ha	20 – 50 ha	> 50 ha
Hutan Alam	Hutan Produksi Tetap, Hutan Produksi Terbatas	40%	< 25 ha	25 – 75 ha	> 75 ha
Mangrove & Semak Belukar	<i>Tidak ada di wilayah studi</i>	20%	-	-	-

Sumber : Perka BNPB Nomer 2 Tahun 2012

Melalui matriks di atas, sebuah poligon Hutan Lindung di lereng gunung yang hamparannya melampaui 50 Hektar secara otomatis menyerap Skor 3. Tingginya skor kerentanan pada poligon masif ini merepresentasikan potensi kerugian ekologis yang sangat destruktif, seperti hilangnya area tangkapan air hujan utama dan rusaknya habitat keanekaragaman hayati. Poligon penggunaan lahan lain di luar parameter hutan (seperti Permukiman, Sawah, Hortikultura, Perkebunan, dan Industri) diberikan nilai bobot nol (0) pada indeks lingkungan guna menghindari tumpang tindih penilaian (double counting)

dengan indeks kerentanan fisik, sosial, dan ekonomi. Berdasarkan Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, bobot untuk setiap parameter sudah distandardisasi secara nasional agar memprioritaskan keselamatan nyawa manusia di atas segalanya.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.6 Peta Kerentanan Lingkungan di Kabupaten Temanggung

4.2.5 Kerentanan Kawasan

Sintesis total kerentanan kawasan merupakan tahapan kulminasi dari proses penilaian parameter sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Analisis ini bertujuan untuk menghasilkan satu indeks kerentanan komposit yang merepresentasikan profil kerugian spasial secara menyeluruh apabila wilayah studi terpapar ancaman bencana pergerakan tanah.

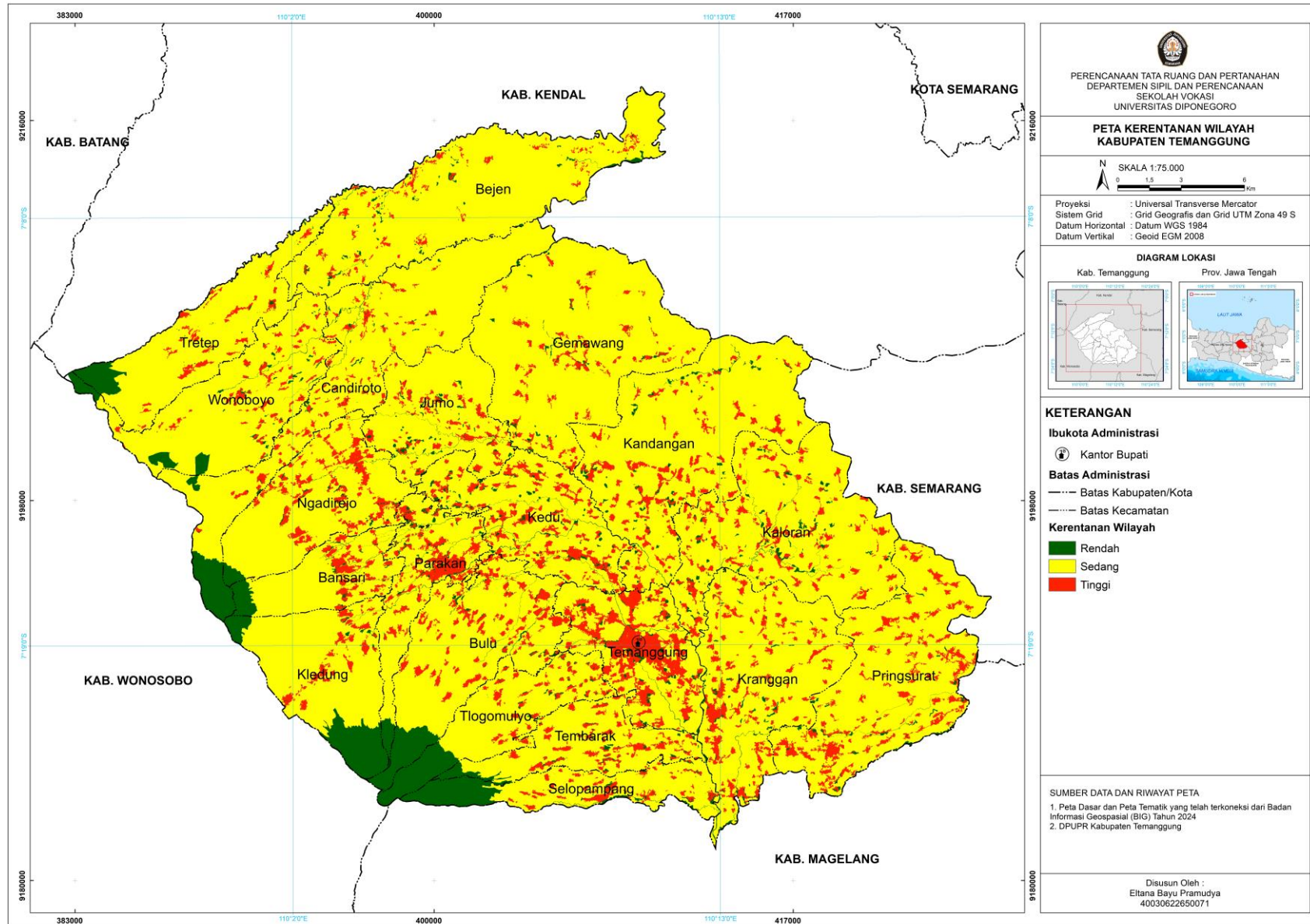
Pemodelan spasial ini dieksekusi menggunakan kerangka evaluasi multikriteria, di mana masing-masing peta parameter diintegrasikan melalui teknik Weighted Overlay (Tumpang Susun Berbobot). Penentuan nilai bobot (weighting) untuk setiap parameter mengacu pada pedoman standar Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012. Dalam

hierarki kebencanaan, keselamatan jiwa manusia merupakan prioritas absolut, sehingga parameter sosial mendapatkan proporsi bobot tertinggi.

Adapun formulasi matematis dan pembobotan yang dieksekusi di dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) mengikuti persamaan spasial berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kerentanan Total} = & \\ & (0,40 \times \text{Skor Sosial}) + (0,25 \times \text{Skor Fisik}) + (0,25 \times \text{Skor Ekonomi}) \\ & + (0,10 \times \text{Skor Lingkungan}) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan di atas, setiap unit poligon lahan di Kabupaten Temanggung akan memiliki satu nilai skor komposit baru. Akumulasi nilai komposit tersebut selanjutnya diklasifikasikan kembali menggunakan rentang interval yang sama untuk membentuk tiga tipologi akhir: Kerentanan Total Rendah, Sedang, dan Tinggi.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.7 Peta Kerentanan Wilayah Kabupaten Temanggung

4.3 Analisis Ancaman Bencana Pergerakan Tanah

Ancaman (*hazard*) merupakan suatu kejadian atau peristiwa fenomena alam yang berpotensi menyebabkan kerusakan, kerugian nyawa, maupun hilangnya harta benda. Dalam konteks konstelasi geografis Kabupaten Temanggung yang didominasi oleh topografi perbukitan hingga pegunungan vulkanik, jenis ancaman hidrometeorologis yang paling dominan dan merusak adalah pergerakan tanah atau tanah longsor. Analisis ancaman ini bertujuan untuk memetakan distribusi spasial tingkat bahaya alami (probabilitas terjadinya longsor) sebelum kawasan tersebut diintervensi oleh aktivitas budi daya manusia.

4.3.1 Perhitungan Bobot Variabel

Dalam menentukan tingkat pengaruh masing-masing parameter terhadap ancaman gerakan tanah, penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode ini diaplikasikan untuk memperoleh bobot prioritas setiap variabel melalui proses perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) berdasarkan kontribusinya sebagai faktor pemicu probabilitas longsor. Parameter fisik dan lingkungan yang dievaluasi dalam pemodelan ini meliputi kemiringan lereng, curah hujan, formasi geologi, jenis tanah, dan penggunaan lahan eksisting.. Mengingat proses penilaian kepakaran ini melibatkan 5 (lima) responden yang berbeda, penyatuan preferensi penilaian dieksekusi menggunakan pendekatan rata-rata geometrik (*geometric mean*) guna menghindari bias aritmatika dan menjaga rasionalitas matematis. Berikut merupakan hasil sintesis matriks perbandingan berpasangan dari variabel ancaman yang telah digabungkan dari kelima responden tersebut.

Tabel 4.11 Perhitungan Rekapitulasi Responden

Kriteria	Kemiringan Lereng	Curah Hujan	Geologi	Jenis Tanah	Penggunaan Lahan
Kemiringan Lereng	1,00	1,11	1,35	1,35	1,35
Curah Hujan	0,90	1,00	0,98	1,55	1,22
Geologi	0,72	1,00	1,00	1,22	1,93
Jenis Tanah	0,72	0,64	0,80	1,00	0,80
Penggunaan Lahan	0,72	0,80	0,52	1,25	1,00
Total	4,07	4,55	4,65	6,37	6,31

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Hasil sintesis matriks perbandingan berpasangan menunjukkan bahwa setiap parameter memiliki tingkat signifikansi yang berbeda dalam mengendalikan probabilitas ancaman gerakan tanah. Variabel kemiringan lereng mendominasi dengan bobot kepentingan yang paling tinggi dibandingkan parameter lainnya. Dominasi ini merepresentasikan prinsip fundamental geomorfologi, di mana tingkat ketererangan menjadi faktor fisik absolut yang memicu longsor karena berkaitan langsung dengan besaran gaya gravitasi dan tegangan geser pada material penyusun lereng.

Menyusul di bawahnya, variabel geologi dan curah hujan menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kerawanan wilayah. Formasi geologi berperan vital dalam menentukan karakteristik material lepas dan potensi ketebalan bidang gelincir, sementara intensitas curah hujan bertindak sebagai pemicu hidrometeorologis utama yang memberikan beban hidrostatik serta menurunkan kuat geser batuan pelapuk saat tanah dalam kondisi jenuh.

Sementara itu, variabel penggunaan lahan eksisting dan jenis tanah menduduki hierarki pengaruh yang relatif lebih rendah di dalam matriks kepakaran ini. Meskipun tidak sekuat parameter pemicu utama, kedua variabel ini tetap berkedudukan sebagai faktor penunjang yang esensial, khususnya dalam mengontrol stabilitas agregat tanah, laju infiltrasi air permukaan, serta mengukur dampak intervensi aktivitas antropogenik terhadap daya ikat lereng di kawasan vulkanik.

Tabel 4.12 Perhitungan Eigen Vector

Kriteria	Kemiringan Lereng	Curah Hujan	Geol ogi	Jenis Tanah	Penggunaan Lahan	Rata-Rata (Bobot)
Kemiringan Lereng	0,25	0,24	0,29	0,21	0,21	0,24
Curah Hujan	0,22	0,22	0,21	0,24	0,19	0,22
Geologi	0,18	0,22	0,22	0,19	0,31	0,22
Jenis Tanah	0,18	0,14	0,17	0,16	0,13	0,16
Penggunaan Lahan	0,18	0,18	0,11	0,20	0,16	0,16
Eigen Vector						1,00

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Hasil perhitungan pada matriks normalisasi menunjukkan nilai bobot prioritas akhir (eigen vector) dari masing-masing parameter pemicu ancaman gerakan tanah. Berdasarkan ekstraksi nilai matematis tersebut, variabel kemiringan lereng menduduki hierarki tertinggi dengan perolehan bobot sebesar 0,24 (24%). Angka ini secara empiris menegaskan bahwa tingkat kelerengan merupakan faktor determinan paling dominan dalam memicu probabilitas longsor di wilayah studi. Hal ini sangat rasional mengingat kelerengan berfungsi sebagai pengontrol utama gaya gravitasi dan tegangan geser (shear stress) pada material penyusun lereng.

Menyusul di bawahnya, variabel curah hujan dan formasi geologi sama-sama menempati urutan signifikansi kedua dengan perolehan bobot masing-masing sebesar 0,22 (22%). Besarnya bobot pada kedua parameter ini membuktikan bahwa kerawanan wilayah sangat dipengaruhi oleh kombinasi kondisi material dasar dan pemicu hidrometeorologis. Geologi menentukan tingkat kerapuhan material penyusun lereng, sementara intensitas curah hujan bertindak sebagai pemicu (trigger) hidrologis yang melipatgandakan beban hidrostatik dan merusak kuat geser tanah.

Di sisi lain, variabel jenis tanah dan penggunaan lahan eksisting mendapatkan porsi pengaruh terendah dalam matriks ini, yakni masing-masing dengan bobot sebesar 0,16 (16%). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa meskipun karakteristik mekanika tanah dan intervensi antropogenik pada tutupan lahan turut berkontribusi terhadap kerentanan lingkungan, penilaian pakar memosisikannya sebagai faktor pemercepat (accelerator) sekunder jika dikomparasikan dengan parameter kelerengan maupun curah hujan. Guna memastikan seluruh konstruksi pembobotan pakar ini terbebas dari bias logika dan memenuhi syarat kelayakan matematis, tahapan selanjutnya adalah melakukan uji rasio konsistensi (Consistency Ratio / CR) dari hasil AHP, sebagaimana disajikan pada tabel berikut

Tabel 4.13 Perhitungan Uji Consistency Ratio (CR)

Komponen	Rumus / Sumber	Hasil
Random Index (RI)	<i>Random Matrix</i> oleh Saaty, T. L. (1980)	n = 5, maka Ri =1,12
Eigen Maksimum (λ_{max})	Rata-rata dari λ_i	5,188036
<i>Consistency Index</i> (CI)	$(\lambda_{max} - n)/n-1$	0,047009
<i>Consistency Ratio</i> (CR)	CI/RI	0,041972

CR <0,1**Konsisten**

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan komputasi pada tabel di atas, diperoleh nilai *Eigen Maksimum* sebesar 5,188036 yang mengonversi nilai *Consistency Index* (CI) menjadi 0,047009. Kalkulasi akhir antara CI dan RI menghasilkan nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,041972 atau sekitar 4,19%. Dikarenakan perolehan nilai CR tersebut secara absolut berada di bawah ambang batas maksimal ketidakkonsistenan yang diizinkan ($CR \leq 0,1$ atau 10%), maka keseluruhan hierarki matriks perbandingan berpasangan ini dinyatakan sangat konsisten dan valid. Dengan terbuktinya keabsahan matematis ini, persentase bobot (*eigen vector*) dari kelima parameter tersebut telah sah untuk dieksekusi secara kuantitatif ke dalam proses pemodelan spasial menggunakan teknik *Weighted Overlay* di dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) guna melahirkan Peta Ancaman Gerakan Tanah.

4.3.2 Klasifikasi, Pembobotan, dan Penskoran (*Scoring*)

Tahapan akhir setelah bobot prioritas (*eigen vector*) divalidasi melalui uji konsistensi adalah menetapkan klasifikasi dan memberikan harkat (*scoring*) pada masing-masing parameter spasial. Kelima parameter fisik yang meliputi kemiringan lereng, curah hujan, geologi, jenis tanah, dan penggunaan lahan direklasifikasi ke dalam lima tingkat kerawanan. Pemberian skor dilakukan secara berjenjang, di mana Skor 1 merepresentasikan tingkat ancaman sangat rendah (kondisi aman), hingga Skor 5 yang merepresentasikan tingkat ancaman sangat tinggi (kondisi kritis).

Hasil integrasi antara bobot matematis AHP dengan skor klasifikasi biofisik inilah yang akan menjadi rumusan dasar untuk dieksekusi menggunakan teknik *Weighted Overlay* (tumpang susun berbobot) di dalam perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Rincian rekapitulasi klasifikasi, pembobotan, dan penskoran untuk pemodelan ancaman gerakan tanah disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Skoring dan Pembobotan Variabel

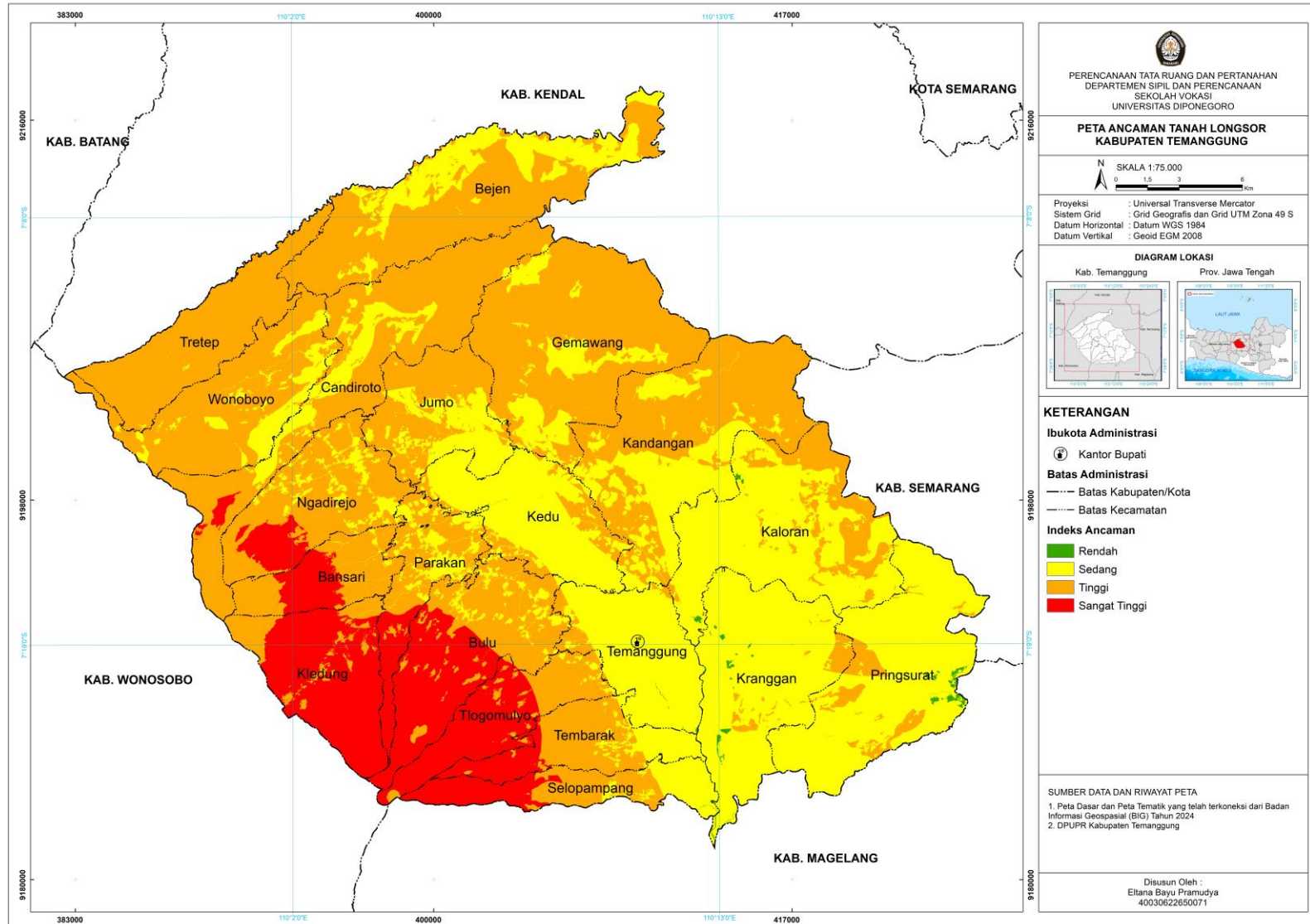
Aspek Parameter	Bobot AHP	Klasifikasi (Kelas Kerawanan)	Skor
Kemiringan Lereng (%)	0,24	0 - 8	1
		> 8 - 15	2
		> 15 - 25	3
		> 25 - 45	4

		> 45	5
Curah Hujan (mm/tahun)	0,22	< 1500	1
		1501 - 2000	2
		2001 - 2500	3
		2501 - 3000	4
		> 3000	5
Geologi / Litologi	0,22	Batuan Beku Masif (Andesit, Basalt)	1
		Batuan Sedimen Kompak (Batu gamping)	2
		Batuan Sedimen Berlapis (Napal, Lempung)	3
		Endapan Vulkanik Tua (Tuf padat, Breksi)	4
		Endapan Vulkanik Muda / Lepas (Aluvial, Koluviial)	5
Jenis Tanah	0,16	Aluvial	1
		Asosiasi Latosol Coklat Kekuningan	2
		Latosol Coklat	3
		Andosol, Podsolik	4
		Regosol	5
Penggunaan Lahan	0,16	Perairan, Tambak, Waduk	1
		Permukiman/Kota	2
		Perkebunan dan Hutan	3
		Semak Belukar	4

		Sawah, Tegal	5
--	--	--------------	---

Sumber : Madani dkk. 2023 dengan modifikasi penulis

Berdasarkan rekapitulasi pembobotan dan penskoran pada tabel di atas, proses sintesis keruangan dieksekusi menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Setiap parameter yang awalnya berformat vektor (shapefile) dikonversi menjadi format raster dengan ukuran piksel (cell size) yang diseragamkan. Berikut ini adalah peta hasil ancaman tanah longsor Kabupaten Temanggung



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.8 Peta Ancaman Tanah Longsor Kabupaten Temanggung

4.3.3 Validasi Model Hasil Ancaman

Untuk memastikan tingkat akurasi dan keandalan peta ancaman yang telah dihasilkan melalui metode pembobotan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), diperlukan tahapan kalibrasi silang menggunakan data kejadian nyata di lapangan. Evaluasi pemodelan ini didasarkan pada rekapitulasi data historis kebencanaan Kabupaten Temanggung, di mana tercatat telah terjadi sebanyak 188 insiden pergerakan tanah (tanah longsor) yang berlangsung masif sepanjang tahun 2025 hingga bulan Januari 2026. Distribusi titik-titik lokasi dari 188 kejadian historis tersebut selanjutnya ditumpang-susunkan (overlay) di atas Peta Ancaman Gerakan Tanah guna melihat persentase sebaran kejadian yang berada pada zona bahaya tinggi. Tingginya frekuensi kejadian historis ini tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur validitas model matematis, tetapi juga menjadi bukti empiris yang mengonfirmasi eskalasi kerawanan hidrometeorologis di wilayah studi.

Tabel 4.15 Persentase Validasi Kejadian Longsor Historis

No	Kelas Ancaman (Hazard)	Jumlah Kejadian Longsor Historis (Titik)	Persentase (%)
1	Rendah	2	1,10%
2	Sedang	86	45,70%
3	Tinggi	89	47,30%
4	Sangat Tinggi	11	5,90%
Total		188	100%

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Secara akumulatif, 98,9% kejadian longsor historis terkonfirmasi berada tepat pada zona Sedang hingga Sangat Tinggi. Sebaliknya, tingkat melesetnya prediksi spasial (false

negative) tergolong sangat minim, dibuktikan dengan hanya ditemukannya 2 kejadian (1,10%) yang meleset ke dalam kelas ancaman Rendah. Dominasi sebaran titik kejadian aktual pada zona rawan ini mengonfirmasi secara empiris bahwa parameter penentu beserta pembobotan matematis yang diaplikasikan di dalam model telah sangat valid dan representatif dalam merepresentasikan kerawanan longsor yang sesungguhnya di lapangan.

4.4 Risiko Bencana

Gerakan tanah merupakan representasi kuantitatif dari potensi kerugian yang mungkin timbul akibat interaksi antara probabilitas terjadinya bahaya (hazard) dengan tingkat kerentanan (vulnerability) elemen yang terpapar di wilayah tersebut. Pemodelan tingkat risiko dalam kajian ini dieksekusi dengan berpedoman pada Peraturan Kepala (Perka) BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, di mana matriks risiko merupakan fungsi linier dari perkalian spasial antara Indeks Ancaman dan Indeks Kerentanan Total.

4.4.1 Integrasi Spasial Ancaman dan Kerentanan Total

Proses integrasi untuk menghasilkan Peta Risiko Bencana dieksekusi menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Persamaan algoritma spasial yang diimplementasikan dalam operasi tumpang susun (overlay) ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Indeks risiko} = \frac{\text{Indeks Ancaman} \times \text{Indeks Kerentanan Total}}{\text{Kapasitas}}$$

Indeks Kerentanan Total yang digunakan merupakan hasil akumulasi pembobotan dari empat pilar kerentanan dasar, yakni kerentanan fisik (infrastruktur), kerentanan sosial (kepadatan penduduk), kerentanan ekonomi (PDRB sektoral dan lahan produktif), serta kerentanan lingkungan. Hasil perkalian spasial antara parameter ancaman biofisik (kelereng, curah hujan, geologi, jenis tanah, tutupan lahan) dengan elemen kerentanan tersebut menghasilkan rentang nilai piksel baru yang merepresentasikan akumulasi risiko secara utuh.

4.4.2 Penentuan Interval Kelas Berdasarkan Aturan Sturges

Guna menghindari bias subjektivitas dan menjaga rasionalitas matematis dalam penentuan interval kelas pada pemodelan spasial, proses reklasifikasi (*reclassify*) indeks risiko kumulatif dieksekusi menggunakan pendekatan distribusi frekuensi berdasarkan Aturan Sturges (*Sturges's Rule*). Pemilihan metode statistik keruangan ini dilandaskan pada kemampuannya dalam membagi rentang data kontinu menjadi kelas-kelas yang proporsional dan mutlak. Penentuan jumlah kelas atau interval ini tidak dapat dilakukan

secara subjektif, melainkan harus menggunakan pendekatan statistik keruangan yang terstandarisasi, salah satunya adalah Aturan Sturges

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

- 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:

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

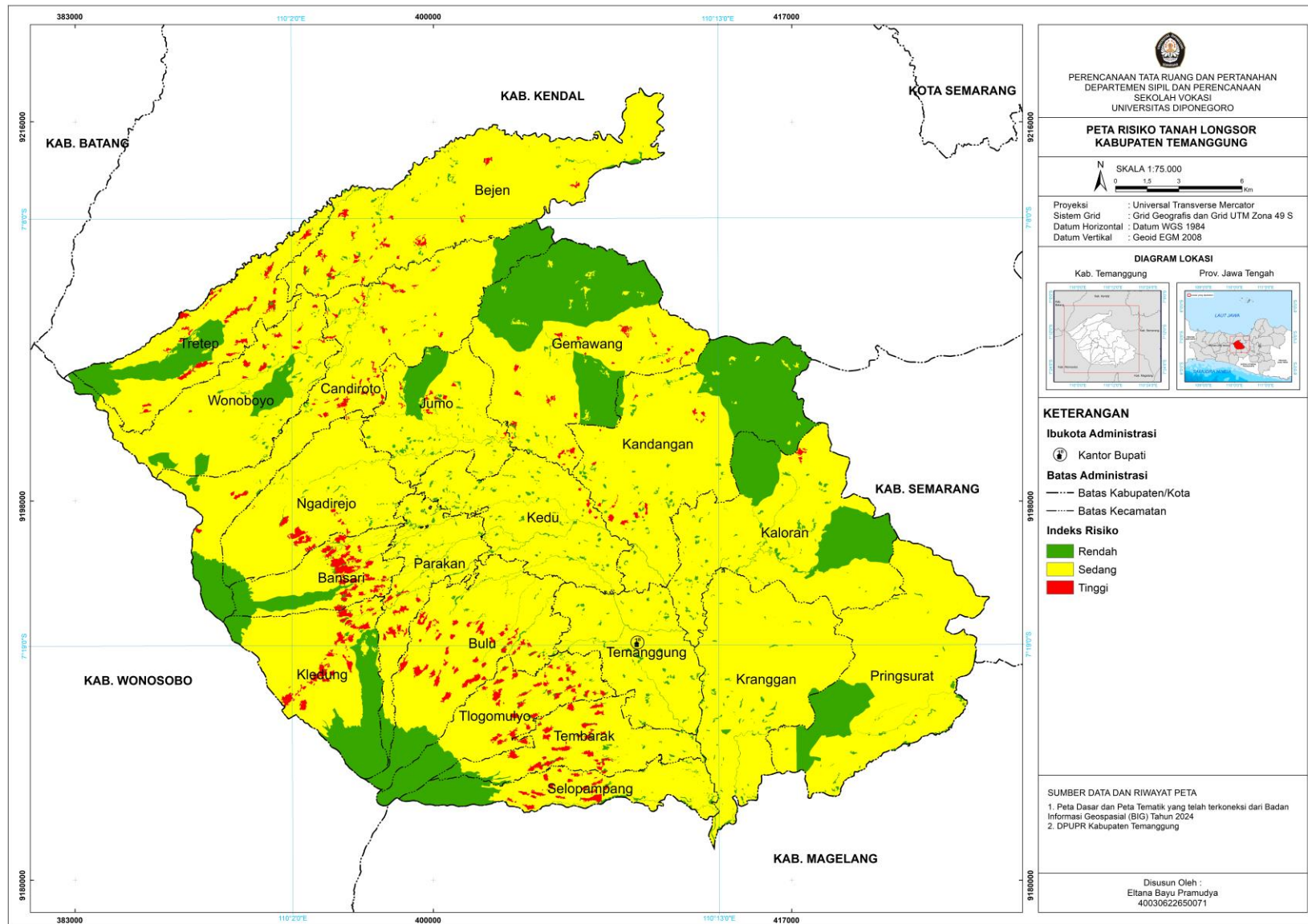
Keterangan:

C = Lebar interval kelas risiko

X_{max} = Nilai indeks risiko tertinggi

X_{min} = Nilai indeks risiko terendah

k = Jumlah kelas



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.9 Peta Risiko Tanah Longsor Kabupaten Temanggung

Berdasarkan hasil pemrosesan dan overlay parameter spasial yang memadukan komponen ancaman, kerentanan, dan/atau kapasitas, telah diperoleh peta klasifikasi tingkat risiko bencana di wilayah studi. Hasil ekstraksi data raster ke dalam bentuk luasan poligon menunjukkan bahwa total area analisis mencakup luasan 86.426,76 Hektar, yang terbagi ke dalam tiga tingkat risiko, yakni Rendah, Sedang, dan Tinggi. Secara kuantitatif, kondisi keruangan didominasi secara signifikan oleh kelas Risiko Sedang yang mengambil porsi 81% dari total luasan wilayah, atau setara dengan 70.327,78 Ha.

Di sisi lain, kelas dengan tingkat Risiko Rendah menempati luasan sebesar 14.422,89 Ha atau mencakup 17% dari total wilayah. Berdasarkan pola sebarannya, area berisiko rendah ini cenderung terkonsentrasi membentuk blok-blok besar (*clustered*) di pinggiran utara, barat, timur laut, dan ujung selatan wilayah studi. Pola mengelompok ini umumnya berkorelasi dengan keberadaan kawasan lindung, area hutan. Peta risiko bencana ini akan difungsikan sebagai landasan utama dalam penentuan zona prioritas pengendalian pemanfaatan ruang di kawasan perencanaan.

4.5 Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Ruang terhadap Risiko Bencana

4.5.1 Identifikasi Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan

Analisis tumpang susun (overlay) antara peta kesesuaian pemanfaatan ruang eksisting dan peta risiko bencana pergerakan tanah menghasilkan pemetaan area-area kritis di Kabupaten Temanggung. Evaluasi spasial ini difokuskan pada identifikasi lahan-lahan seluas 539,69 Ha yang berstatus "Tidak Sesuai" dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Area ketidaksesuaian ini secara keruangan ditumpang-susunkan dengan tingkat risiko longsor untuk memetakan benturan antara dinamika alih fungsi lahan aktual dengan ancaman fatalitas dan kerugian material di lapangan.

Berdasarkan ekstraksi data atribut spasial, konstelasi keruangan kawasan yang melanggar peruntukan tata ruang tersebut ternyata didominasi oleh area yang terpapar risiko bencana. Tercatat seluas 415,38 Ha lahan yang tidak sesuai berada pada zona Risiko Sedang, dan 99,75 Ha lainnya berada pada zona Risiko Tinggi. Akumulasi dari kedua kelas risiko ini merepresentasikan Zona Sangat Kritis, di mana penyimpangan tata ruang berpotensi secara langsung memperburuk dampak bencana apabila pergerakan tanah terjadi.

Tabel 4.16 Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Risiko Terhadap Tanah Longsor

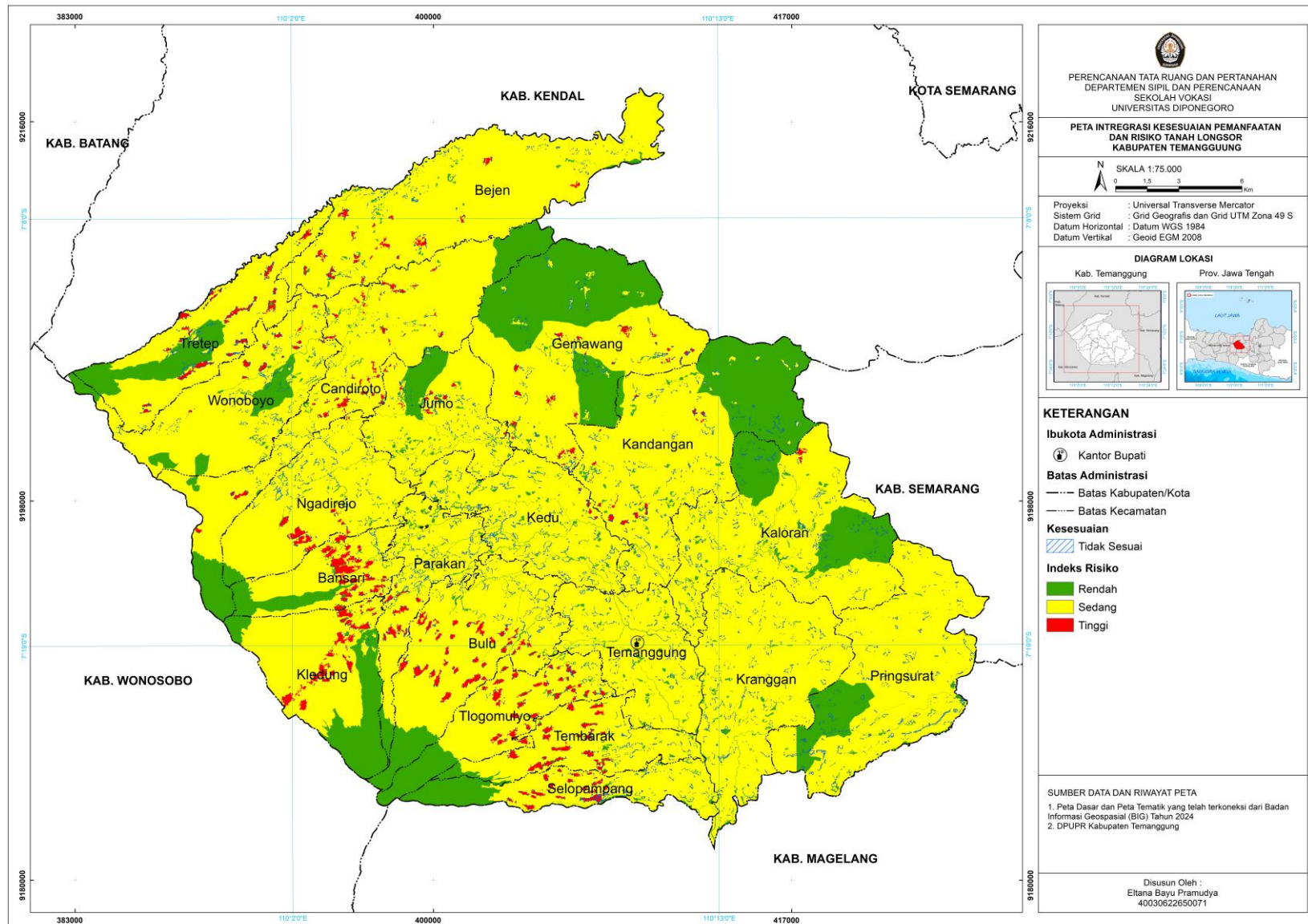
Penggunaan Lahan	Tidak Sesuai			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Hortikultura	-	9,24	0,13	9,37
Industri	4,53	23,91	0,88	29,33
Pergudangan	0,36	6,94	1,47	8,78
Perkebunan	-	0,03	-	0,03
Permukiman	11,03	331,18	95,58	437,80
Peternakan	8,53	33,55	0,48	42,57
Sawah	0,09	10,49	1,19	11,78
Total Keseluruhan	24,56	415,37	99,75	539,69

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Temuan paling krusial dari analisis ini adalah meluasnya kawasan terbangun berupa Permukiman yang mengokupasi area peruntukan lain. Total ketidaksesuaian aktivitas permukiman mencapai 437,81 Ha, di mana sebagian besarnya secara faktual memikul tingkat bahaya yang signifikan, yakni seluas 331,19 Ha di zona Risiko Sedang dan 95,59 Ha di zona Risiko Tinggi. Ekspansi hunian di atas lahan yang tidak sesuai peruntukannya—terutama pada zona lereng yang rawan—merepresentasikan eskalasi kerentanan sosial dan fisik yang masif. Berkurangnya vegetasi pengikat tanah akibat alih fungsi lahan menjadi

permukaan kedap air (beton/bangunan) pada area berisiko tinggi tersebut berimplikasi langsung pada hilangnya fungsi resapan air dan meningkatnya potensi tegangan geser tanah (shear stress).

Selain isu perambahan permukiman, analisis ini juga menyoroti potensi kerentanan ekonomi akibat konflik fungsi ruang. Ditemukan sejumlah aktivitas ekonomi padat modal yang beroperasi di luar peruntukan idealnya dan terpapar risiko bencana. Aktivitas Industri yang tidak sesuai tercatat mencapai luasan 29,34 Ha (termasuk 23,92 Ha di zona Risiko Sedang), disusul oleh perluasan area Peternakan seluas 42,57 Ha, serta kawasan Pergudangan seluas 8,79 Ha (di mana 1,47 Ha di antaranya berada persis di zona Risiko Tinggi). Keberadaan fasilitas penunjang ekonomi ini tidak hanya melanggar regulasi penataan ruang, tetapi juga mengekspos aset-aset material berskala besar terhadap ancaman longsor.



Gambar 4.10 Peta Integrasikan Kesesuaian Pemanfaatan dan Risiko Tanah Longsor Kabupaten Temanggung

Sumber : Hasil Analisis, 2026

4.5.2 Klasifikasi dan Deliniasi Zona Prioritas Penanganan

Proses penentuan zona prioritas penanganan didasarkan pada hasil analisis tumpang susun (overlay intersect) secara spasial antara peta kesesuaian pemanfaatan ruang eksisting dengan peta risiko bencana pergerakan tanah. Melalui pendekatan kuantitatif ini, evaluasi difokuskan secara spesifik pada akumulasi lahan seluas 539,69 Ha yang diidentifikasi berstatus "Tidak Sesuai" terhadap arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Temanggung. Interseksi keruangan ini bertujuan untuk memetakan benturan geometris antara dinamika antropogenik aktual di lapangan dengan potensi fatalitas serta estimasi kerugian material akibat ancaman longsor.

Tabel 4.17 Klasifikasi Zona Prioritas Penanganan Kawasan

No	Klasifikasi Prioritas	Tingkat Risiko Bencana	Total Luas Pelanggaran (Ha)	Pelanggaran Guna Lahan Eksisting (Ha)
1	Prioritas I	Tinggi	99,75	Permukiman: 95,58
				Pergudangan: 1,47
				Sawah: 1,19
				Industri: 0,88
				Peternakan: 0,48
				Hortikultura: 0,13
2	Prioritas II	Sedang	415,37	Permukiman: 331,18
				Peternakan: 33,55
				Industri: 23,91
				Sawah: 10,49
				Hortikultura: 9,24
				Pergudangan: 6,94
3	Prioritas III	Rendah	24,56	Permukiman: 11,03
				Peternakan: 8,53
				Industri: 4,53
				Pergudangan: 0,36
				Sawah: 0,09
-	Total Kawasan Kritis	-	539,69	-

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Dari tabel di atas, terlihat bahwa masalah utama pemanfaatan ruang di Kabupaten Temanggung didominasi oleh kawasan permukiman yang berada di zona rawan. Luas pelanggaran permukiman ini mencapai 437,80 Ha dari total keseluruhan 539,69 Ha kawasan kritis. Jika melihat pada Prioritas I situasinya membutuhkan perhatian yang sangat mendesak. Keberadaan 95,58 Ha permukiman di zona risiko tinggi ini tidak bisa lagi hanya dinilai sebagai masalah administratif atau pelanggaran aturan tata ruang saja. Kondisi ini harus diprioritaskan karena langsung berkaitan dengan keselamatan jiwa masyarakat, mengingat zona tersebut memiliki tingkat kerawanan tanah longsor yang sangat tinggi. Pelanggaran ini menunjukkan bahwa pembangunan rumah dan fasilitas di masa lalu kemungkinan besar belum mempertimbangkan aspek kebencanaan secara matang sebelum regulasi Perda No. 1 Tahun 2024 ini berlaku

4.6 Rekomendasi Arahan Pemanfaatan dan Pengendalian Ruang

4.6.1 Perumusan Arahan Berdasarkan Klasifikasi Indeks Ancaman

Perumusan arahan pemanfaatan ruang disusun dengan mengacu pada ketentuan teknis Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor. Alasan utama mengapa arahan ini didasarkan langsung pada zonasi peta ancaman (hazard), dan bukan peta risiko, adalah karena regulasi tersebut mengamanatkan bahwa penataan ruang kawasan rawan harus adaptif terhadap karakteristik biofisik bumi yang tidak bisa diubah manusia.

Faktor fisik yang dievaluasi dalam pemodelan ancaman ini, yaitu kemiringan lereng yang memegang bobot tertinggi hasil AHP sebesar 24%, serta kondisi geologi dan curah hujan yang masing-masing berbobot 22% merupakan variabel utama pengendali stabilitas lereng yang ditetapkan dalam Permen PU tersebut. Keandalan model fisik ini pun telah teruji secara empiris melalui kalibrasi dengan data BPBD Kabupaten Temanggung, di mana 98,9% dari 188 titik kejadian longsor historis tervalidasi berada tepat di dalam zona ancaman Sedang hingga Sangat Tinggi

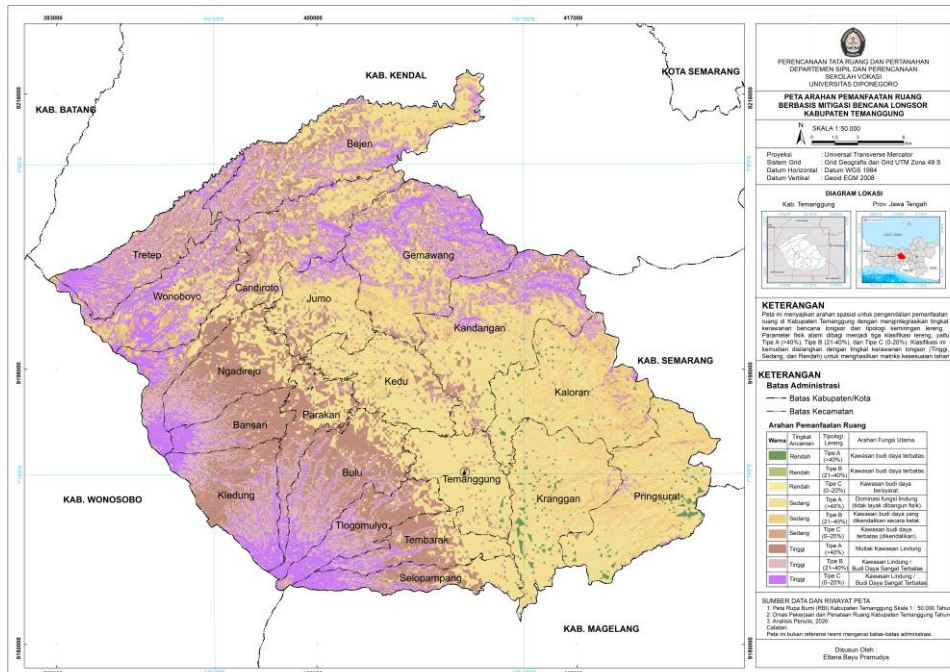
Tabel 4.18 Arahan Struktur, Pola Ruang, dan Rekayasa Kawasan Rawan Longsor

Tingkat Ancaman	Tipologi Lereng	Arahan Pola Ruang (Fungsi Kawasan)	Arahan Struktur Ruang (Infrastruktur)	Arahan Rekayasa Teknik & Lingkungan (Mitigasi)
Sangat Tinggi & Tinggi	Tipe A (>40%)	Kawasan Lindung (Mutlak Dilindungi).	Dilarang untuk Pembangunan Fisik.	Mengosongkan lereng dari kegiatan manusia.
	Tipe B (21-40%)	Hunian/Permukiman Industri, dan Pertambangan mutlak dilarang di semua tipe lereng.	Jaringan Transportasi, Listrik, Telekomunikasi Lokal mutlak dilarang di semua tipe lereng.	Menghindari pemotongan/penggalian lereng.
	Tipe C (0-20%)	Tipe A: Hanya boleh Hutan Kota & Pariwisata terbatas.	Hanya diizinkan Jaringan Drainase dan Air Bersih.	Vegetasi wajib: pohon berakar tunggang dan tajuk ringan (mahoni, bambu, beringin, jati).
		Tipe B & C: Boleh pertanian/perkebunan bersyarat.		
Sedang	Tipe A (>40%)	Kawasan Budidaya Terbatas.	Dibatasi Secara Ketat.	Wajib menerapkan sistem perkuatan lereng (dinding penahan, bronjong, <i>rock bolt</i>).
	Tipe B (21-40%)	Permukiman, Industri, dan Pertambangan tetap dilarang mutlak.	Jaringan Transportasi Lokal, Listrik, Telekomunikasi	Manajemen drainase lereng (<i>catch/cross drain</i>) kecap air.

Tingkat Ancaman	Tipologi Lereng	Arahan Pola Ruang (Fungsi Kawasan)	Arahan Struktur Ruang (Infrastruktur)	Arahan Rekayasa Teknik & Lingkungan (Mitigasi)
			dilarang dibangun.	
		Diizinkan bersyarat ketat: Pariwisata, Perkebunan, Hutan Produksi.		
	Tipe C (0-20%)	Kawasan Budidaya Bersyarat.	Pengembangan Bersyarat.	Penyelidikan geologi teknik dan analisis kestabilan lereng sebelum IMB/KKPR terbit.
		Industri dilarang mutlak.	Seluruh infrastruktur (Pusat Hunian, Jalan, Listrik, Sampah) boleh dibangun bersyarat.	Pemilihan tipe bangunan konstruksi rendah-sedang atau rumah panggung.
		Permukiman dan Pertambangan diperbolehkan dengan syarat AMDAL ketat.		
Rendah	Tipe A (>40%)	Kawasan Budidaya Terbatas.	Dibatasi.	Menjaga kelestarian lingkungan dan melarang pencetakan kolam penampung air di tebing.

Tingkat Ancaman	Tipologi Lereng	Arahan Pola Ruang (Fungsi Kawasan)	Arahan Struktur Ruang (Infrastruktur)	Arahan Rekayasa Teknik & Lingkungan (Mitigasi)
		Walau ancaman rendah, Permukiman, Pertambangan, Industri dilarang mutlak karena kelerengan ekstrem.	Jaringan Transportasi Lokal, Listrik dilarang.	
	Tipe B (21-40%)	Kawasan Budidaya Utama.	Pengembangan Luas.	Trase jalan transportasi wajib mengikuti pola kontur lereng.
	Tipe C (0-20%)	Industri dilarang mutlak di semua tingkat rawan longsor.	Seluruh prasarana dasar dapat dibangun secara luas.	Mengupas material gembur pada lereng untuk meminimalkan beban.
		Permukiman, Pariwisata, Transportasi diizinkan bersyarat.		

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Hasil Analisis, 2026

Gambar 4.11 Peta Arahan Pemanfaatan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Longsor Kabupaten Temanggung

4.6.2 Penegakan KUPZ, Skema Insentif-Disinsentif, dan Sanksi Administratif

Tabel 4.19 Arahan Pengendalian Untuk Ketidaksiesuaian Pemanfaatan Ruang

Arahan Pengendalian Pemanfaatan Ruang	Dasar Hukum	Arahan Pengendalian
Penegakan Ketentuan Khusus Kawasan Rawan Bencana Gerakan Tanah	Perda Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024 Pasal 59 Ayat (6) dan Ayat (7)	Pelarangan bangunan di Zona Risiko Tinggi: Pendirian bangunan baru dilarang secara mutlak pada Kawasan Rawan Bencana tingkat tinggi. Permukiman eksisting seluas 95,59 Ha menjadi prioritas penertiban dan tidak dapat diterbitkan KKPR untuk perluasan. Budidaya tanaman semusim dialihkan menjadi tanaman keras penyerap air.
		Penerapan ketentuan bersyarat di Zona Risiko Sedang: Pendirian bangunan pada zona Risiko Sedang dengan luasan permukiman 331,19 Ha hanya diperbolehkan secara bersyarat melalui penerapan mitigasi bencana, seperti pembangunan dinding penahan tanah, sistem drainase lereng, dan infrastruktur pengamanan lainnya.
		Optimalisasi fungsi utama kawasan: Zona Risiko Sedang dan Tinggi diprioritaskan sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH), penanaman vegetasi penahan lereng, pemasangan rambu evakuasi, serta pembangunan Sistem Peringatan Dini (Early Warning System/EWS).
Penerapan Insentif dan Disinsentif pada	Perda Kabupaten Temanggung Nomor 1	Disinsentif nonfiskal: Pembatasan penyediaan prasarana dan sarana, seperti penghentian pembangunan atau pelebaran jalan, utilitas, dan infrastruktur baru menuju kawasan rawan longsor guna menghindari berkembangnya kawasan terbangun.

Kawasan Eksisting	Tahun 2024 Pasal 60 Ayat (7) dan Ayat (8)	Disinsentif fiskal: Pengenaan pajak dan/atau retribusi yang lebih tinggi terhadap kegiatan komersial atau industri yang tetap beroperasi pada kawasan tidak sesuai RTRW dan berisiko longsor. Sebaliknya, diberikan insentif kepada masyarakat yang mempertahankan lahan pertanian, hortikultura, maupun ruang terbuka sebagai fungsi lindung. Sasaran utama kebijakan ini adalah 437,81 Ha permukiman dan 29,34 Ha kawasan industri yang berada pada zona risiko tinggi.
Pengenaan Sanksi Administratif dan Penertiban Tata Ruang	Perda Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024 Pasal 62 Ayat (1)–(2) dan Pasal 65 Ayat (1)	Pengenaan sanksi administratif terhadap setiap pelanggaran pemanfaatan ruang yang tidak sesuai RTRW atau tanpa KKPR. Penertiban dilakukan secara bertahap melalui (1) peringatan tertulis paling banyak tiga kali, (2) denda administratif, (3) penghentian sementara kegiatan, (4) pembekuan atau pencabutan izin, (5) pembongkaran bangunan, serta (6) pemulihan fungsi ruang, khususnya terhadap aktivitas seperti pemotongan lereng, penimbunan, atau penutupan daerah resapan yang meningkatkan potensi longsor.

Sumber: Hasil Analisis, 2026

a) Penegakan Ketentuan Khusus Kawasan Rawan Bencana Gerakan Tanah

Unutk arahan mengacu pada penjabaran Ketentuan Khusus Kawasan Rawan Bencana gerakan tanah di dalam Peraturan Daerah Kabupaten Temanggung Nomor 1 Tahun 2024:

- Pelarangan Bangunan di Zona Risiko Tinggi: Mengacu pada Ayat (7) huruf c angka 2, pemerintah daerah melalui instrumen pengendalian tata ruang harus melarang secara mutlak pendirian bangunan baru pada Kawasan Rawan Bencana tingkat tinggi. Temuan 95,59 Ha permukiman eksisting yang terlanjur berada pada zona ini harus menjadi prioritas penertiban dan tidak dapat lagi diterbitkan Kesesuaian Kegiatan Pemanfaatan Ruang (KKPR) untuk perluasannya. Selain itu, berdasarkan angka 3 pada huruf yang sama, budidaya tanaman semusim di zona ini juga harus dialihkan menjadi penanaman tanaman keras penyerap air.
- Penerapan Ketentuan Bersyarat di Zona Risiko Sedang: Berdasarkan Ayat (6) huruf b angka 3, kegiatan pendirian bangunan di zona Risiko Sedang (sebagaimana temuan luasan permukiman sebesar 331,19 Ha) berstatus Diperbolehkan Bersyarat. Syarat teknis yang harus dipenuhi dalam perizinannya adalah kewajiban menerapkan mitigasi bencana secara mandiri, seperti penyediaan infrastruktur penahan tanah tingkat tapak.
- Optimalisasi Fungsi Utama Kawasan: Baik pada zona Risiko Sedang maupun Tinggi, pemerintah daerah perlu mengembalikan fungsi pemanfaatan ruang yang diperbolehkan sesuai Ayat (6) dan (7) huruf a, yakni dengan memprioritaskan area rawan tersebut untuk pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH), penanaman tanaman keras penahan lereng, pemasangan rambu evakuasi, serta pendirian bangunan pemantauan Sistem Peringatan Dini (EWS).

b) Penerapan Insentif dan Disinsentif pada Kawasan Eksisting

Mengacu pada Pasal 60 ayat (8) Perda RTRW Kabupaten Temanggung, instrumen Disinsentif secara eksplisit diberikan terhadap pelaksanaan kegiatan pemanfaatan ruang yang tidak sejalan maupun yang sudah terlanjur berjalan tidak sesuai dengan RTRW. Hal ini sangat krusial diterapkan pada 437,81 Ha permukiman dan 29,34 Ha industri eksisting yang berada di zona kritis.

- Disinsentif Nonfiskal (Pembatasan Infrastruktur): Berdasarkan Pasal 60 ayat (7) huruf c, Pemerintah Daerah harus melakukan pembatasan penyediaan prasarana dan sarana (seperti penghentian pelebaran jalan arteri baru atau utilitas masif) yang mengarah ke zona sangat kritis agar kawasan rawan tersebut tidak memunculkan daya tarik migrasi baru (magnet growth).
- Disinsentif Fiskal (Pajak/Retribusi): Mengacu pada Pasal 60 ayat (7) huruf a, dikenakan pengenaan pajak dan/atau retribusi yang tinggi bagi kegiatan komersial/industri yang membandel beroperasi di zona tidak sesuai dan rawan longsor. Sebaliknya, pemerintah dapat memberikan insentif fiskal bagi masyarakat yang mempertahankan lahan hortikultura dan sawahnya di lereng rawan.

c) Pengenaan Sanksi Administratif dan Penertiban Tata Ruang

Tingginya luasan pelanggaran tata ruang yang berpotensi memicu bencana menuntut penegakan hukum yang progresif. Sesuai amanat Pasal 62 ayat (1) dan (2), sanksi dikenakan kepada setiap pihak yang tidak menaati RTRW dan mengakibatkan perubahan fungsi ruang, termasuk pemanfaatan ruang tanpa izin KKPR.

Mengacu pada Pasal 65 ayat (1), Pemerintah Kabupaten Temanggung memiliki wewenang untuk menjatuhkan tindakan penertiban secara bertahap bagi aktivitas yang memperbesar peluang terjadinya longsor (misalnya pemotongan lereng ilegal atau penutupan resapan air). Sanksi tersebut dimulai dari peringatan tertulis maksimal 3 (tiga) kali, pengenaan denda administratif progresif, penghentian sementara kegiatan, hingga tindakan tegas berupa pembongkaran bangunan dan pemulihan fungsi Ruang