

**ARAHAN PENGATURAN ZONASI DISTRIK WASIOR
MELALUI MITIGASI KERAWANAN BANJIR BANDANG**

T E S I S



Oleh,

DANIEL PAYUNGALLO

NIM. 24.121.017

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PEMINATAN MANAJEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA**

**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2026

**ARAHAN PENGATURAN ZONASI DISTRIK WASIOR
MELALUI MITIGASI KERAWANAN BANJIR BANDANG**

HALAMAN JUDUL

T E S I S

Diajukan kepada
Institut Teknologi Nasional Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Sipil
Peminatan Manajemen Wilayah dan Kota

Oleh,
DANIEL PAYUNGALLO
NIM. 24.121.017

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PEMINATAN MANAJEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis oleh Daniel Payungallo NIM. 24121017, ini telah diperiksa dan disetujui dalam ujian.

Malang, 22 Agustus 2026

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Agustina Nurul Hidayati, MT.
NIP. Y 1039000214

Dr. Agung Witjaksono, ST., MT
NIP. Y 1039600292

Mengetahui :

Institut Teknologi Nasional Malang

Program Pascasarjana

PPs ITN Malang
Direktur,

Magister Teknik Sipil
Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT
NIP. Y. 1018700153

Dr. Erni Yulianti, ST, MT
NIP.P.1031300496



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TESIS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

NAMA : Daniel Payungallo
NIM : 24.121.017
JURUSAN : Magister Teknik Sipil
PEMINATAN : Manajemen Perencanaan Wilayah Dan Kota
JUDUL : Arahkan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Tesis Jenjang Program Studi Pascasarjana Magister Teknik Sipil (S2)

Pada Hari : Senin
Tanggal : 10 Agustus 2025
Dengan Nilai :

Panitia Ujian Tesis

KETUA

SEKRETARIS

Dr. Ir. Agustina Nurul Hidayati, MT

NIP. Y 1039000214

Dr. Agung Witjaksono, ST., MT

NIP. Y 1039600292

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Ibnu Sasongko, MT.

NIP. Y. 1018800178

Dr. Maria Christina E, ST, MIUEM

NIP. Y. 1031200455

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Magister Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, Agustus 2026

Daniel Payungallo
NIM. 24121017

ABSTRAK

Distrik Wasior merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana banjir bandang akibat karakteristik topografi, kondisi geologi, sistem aliran sungai, curah hujan, serta dinamika penggunaan lahan. Kondisi tersebut menuntut pengaturan ruang yang tidak hanya mempertimbangkan kebutuhan pembangunan, tetapi juga mengintegrasikan aspek mitigasi bencana, inklusivitas, dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerawanan banjir bandang, mengevaluasi kesesuaian kegiatan dan penggunaan lahan terhadap tingkat kerawanan, serta merumuskan arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior yang mendukung tata ruang inklusif dan adaptif iklim.

Penelitian menggunakan pendekatan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan memanfaatkan aplikasi ArcGIS. Analisis kerawanan banjir bandang dilakukan melalui pembobotan dan *weighted overlay* terhadap parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kejadian banjir bandang, meliputi curah hujan, kemiringan lereng, kondisi geologi, jarak terhadap sungai, penggunaan/tutupan lahan, serta parameter fisik wilayah lainnya yang relevan. Hasil analisis diklasifikasikan menjadi tingkat kerawanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Selanjutnya, peta kerawanan ditumpang-susunkan (*spatial overlay*) dengan peta penggunaan lahan eksisting dan rencana pola ruang untuk mengidentifikasi jenis, luas, dan distribusi kegiatan yang berada pada masing-masing kelas kerawanan.

Penelitian ini diharapkan menghasilkan peta arahan pengaturan zonasi dan matriks ketentuan kegiatan serta penggunaan lahan berbasis kerawanan banjir bandang. Arahan tersebut menempatkan kawasan berkerawanan tinggi sebagai ruang dengan pengendalian ketat, kawasan berkerawanan sedang sebagai ruang pemanfaatan bersyarat dan terbatas, serta kawasan berkerawanan rendah sebagai ruang yang relatif lebih sesuai untuk pengembangan dengan tetap menerapkan prinsip mitigasi. Integrasi kebutuhan kelompok rentan, jalur dan fasilitas evakuasi, perlindungan fungsi ekologis, serta antisipasi terhadap peningkatan kejadian hidrometeorologis ekstrem menjadi dasar dalam mewujudkan tata ruang Distrik Wasior yang lebih aman, inklusif, tangguh, dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Kata kunci: banjir bandang, kerawanan, pengaturan zonasi, ArcGIS, tata ruang inklusif, adaptasi iklim

ABSTRACT

Wasior District is an area characterized by varying levels of susceptibility to flash floods due to its topographic characteristics, geological conditions, river flow systems, rainfall patterns, and land-use dynamics. These conditions require spatial planning that not only accommodates development needs but also integrates disaster mitigation, inclusivity, and climate change adaptation. This study aims to analyze the level of flash flood susceptibility, evaluate the suitability of activities and land uses in relation to the level of susceptibility, and formulate zoning regulation guidelines for Wasior District that support inclusive and climate-adaptive spatial planning.

This study employs a spatial approach based on Geographic Information Systems (GIS) using ArcGIS. Flash flood susceptibility analysis is conducted through weighting and *weighted overlay* techniques applied to parameters influencing flash flood occurrence, including rainfall, slope, geological conditions, distance from rivers, land use/land cover, and other relevant physical characteristics of the area. The results are classified into five susceptibility levels: very low, low, moderate, high, and very high. Subsequently, the flash flood susceptibility map is spatially overlaid with existing land-use maps and planned spatial pattern maps to identify the types, areas, and spatial distribution of activities located within each susceptibility class.

This study is expected to produce a zoning regulation guideline map and a matrix of provisions for activities and land use based on flash flood susceptibility. The proposed guidelines designate highly susceptible areas as zones requiring strict development control, moderately susceptible areas as zones for conditional and limited use, and low-susceptibility areas as relatively more suitable for development while still applying disaster mitigation principles. The integration of the needs of vulnerable groups, evacuation routes and facilities, protection of ecological functions, and anticipation of increasing extreme hydrometeorological events provides the basis for establishing spatial planning in Wasior District that is safer, more inclusive, resilient, and adaptive to climate change.

Keywords: flash flood, susceptibility, zoning regulations, ArcGIS, inclusive spatial planning, climate change adaptation

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, penyertaan, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Bencana Banjir Bandang untuk Tata Ruang Inklusif dan Adaptif Iklim*”. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyusunan tesis ini dilatarbelakangi oleh pentingnya pengembangan tata ruang yang tidak hanya berorientasi pada pemanfaatan ruang secara optimal, tetapi juga mempertimbangkan karakteristik wilayah, tingkat kerawanan terhadap bencana, kebutuhan masyarakat, serta tantangan perubahan iklim. Distrik Wasior memiliki karakteristik wilayah yang memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaan dan pengendalian pemanfaatan ruang, terutama berkaitan dengan risiko banjir bandang yang pernah memberikan dampak besar terhadap kehidupan masyarakat, lingkungan, infrastruktur, dan perkembangan kawasan.

Melalui penelitian ini, penulis berupaya menyusun arahan pengaturan zonasi yang mengintegrasikan aspek mitigasi bencana banjir bandang ke dalam perencanaan tata ruang. Pendekatan tersebut diharapkan dapat mendukung terbentuknya pola pemanfaatan ruang yang lebih aman, berkelanjutan, responsif terhadap risiko bencana, serta mampu mengakomodasi kebutuhan seluruh kelompok masyarakat. Selain itu, integrasi prinsip adaptasi perubahan iklim menjadi bagian penting agar kebijakan tata ruang Distrik Wasior memiliki kemampuan menghadapi dinamika lingkungan dan peningkatan risiko hidrometeorologi pada masa mendatang.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari dukungan, arahan, bantuan, dan kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan penghargaan, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang;

2. Bapak Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, Selaku Direktur Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Nasional Malang;
3. Bapak Dr. Dimas Indra Laksana, ST., MT, Selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Nasional Malang;
4. Ibu Dr. Erni Yulianti, ST., MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Peminatan Manajemen Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Malang;
5. Ibu Dr. Ir. Agustina Nurul H, MT selaku Dosen Pembimbing Pertama, yang telah memberikan arahan, pemikiran, masukan, dan bimbingan secara konstruktif dalam penyusunan tesis ini;
6. Bapak Dr. Agung selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang juga telah memberikan arahan, pemikiran, masukan, dan bimbingan secara konstruktif dalam penyusunan tesis ini;
7. Para dosen pada Program Pasca Sarjana Teknis Sipil Institut Teknologi Malang yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;
8. Pemerintah Kabupaten Teluk Wondama beserta perangkat daerah terkait, Pemerintah Distrik Wasior, serta seluruh pihak yang telah memberikan data, informasi, dan dukungan selama proses penelitian;
9. Masyarakat dan seluruh informan penelitian di Distrik Wasior yang telah memberikan waktu, informasi, pengalaman, serta pandangan yang sangat berarti bagi penyusunan penelitian ini;
10. Istri, anak-anak serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, motivasi, dan pengertian selama proses pendidikan dan penyelesaian tesis; serta
11. Rekan-rekan mahasiswa dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan tesis ini.

Penulis merasa bahwa proposal tesis ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan, guna kesempurnaan Proposal Tesis ini, dan dapat berguna bagi penelitian–penelitian selanjutnya.

Akhirnya penulis mohon maaf kepada semua pihak yang terkait jika ada kesalahan kata atau perbuatan selama penulis menyusun proposal ini. Dan semoga

proposal tesis ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan dan wawasan kepada kita semua.

Malang, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA UJIAN TESIS	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penulisan	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Risiko Bencana	9
2.2. Banjir Bandang	9
2.3. Bahaya Banjir Bandang	10
2.4. Kerawanan Bencana	14
2.4.1. Faktor-Fakto Yang Mempengaruhi Kerawanan Banjir Bandan	15
2.4.2. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Banjir Bandang	21
2.5. Kerentanan Banjir Bandang	22
2.6. Kapasitas Bencana	25
2.7. Mitigasi Risiko Bencana Bandang	26
2.8. Kerangka Konsep Berpikir	28
2.9. Penelitian Terdahulu	29

2.10. Landasan Penelitian dan Perumusan Variabel	32
BAB III METODOLOGI	36
3.1. Jenis Penelitian	36
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	32
3.3. Populasi dan Sampel	38
3.4. Sumber dan Jenis Data	38
3.4.1. Sumber Data	38
3.4.2. Jenis Data	38
3.5. Metode Pengumpulan Data	40
3.6. Instrumen Penelitian	41
3.7. Metode Analisis Data	42
3.7.1. Analisis Kerawanan Banjir Bandang	42
3.7.2. Analisis Overlay Spasial	43
3.7.3. Analisis Mitigasi Risiko banjir Bandang	44
3.7.4. Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Ruang	45
3.7.5. Analisis Arahan Pengaturan Zonasi	45
3.8. Alur Pengelolaan Data	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian	47
4.2. Kondisi Fisik Dasar	48
4.3. Penggunaan Lahan dan Pola Perkembangan Kawasan	50
4.4. Kondisi Kependudukan dan Kelompok Rentan	52
4.5. Analisis Kerawanan Banjir Bandang	53
4.5.1. Parameter Analisis	53
4.5.2. Curah Hujan	54
4.5.3. Kerawanan Berdasarkan Kemiringan Lereng	55
4.5.4. Kerawanan Berdasarkan Akumulasi Aliran	56
4.5.5. Kerawanan Berdasarkan Jarak Dari Sungai	57
4.5.6. Penggunaan Lahan	58
4.6. Indeks Kerawanan Banjir Bandang	60
4.6.1. Kerawanan Pada Rencana Pola Ruang	62
4.7. Analisis Riwayat dan Karakteristik Banjir Bandang Wasior	63

4.7.1. Riwayat banjir Bandang Wasior Tahun 2010	63
4.7.2. Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang Tahun 2010	70
4.7.2.1. Arahan Mitigasi Areal Terdampak 0 – 1 Meter	70
4.7.2.1. Arahan Mitigasi Areal Terdampak 1 – 2,5 Meter	71
4.8. Perubahan Kondisi Pasca Bencana	73
4.9. Analisis Kesusian Pemanfaatan Ruang Eksisting	74
4.10. Aksesibilitas Jalur Evakuasi	75
4.11. Arahan Zonasi Berbasis Kerawanan Banjir Bandang	77
4.12. Arahan Zonasi Pada Kawasan Eksisting Terdampak Banjir Bandang Tahun 2010	80
4.13. Arahan Infrastruktur Mitigasi	83
4.14. Arahan Rekolasi Yang Inklusif	83
4.15. Kelembagaan dan Implementasi	84
4.16. Validasi Arahan Zonasi	85
4.17. Pembahasan	85
4.18. Sintesis Hasil Pembahasan	87
4.19. Arahan Kegiatan Pemanfaatan Ruang Berdasarkan Tabel ITBX	87
BAB V PENUTUP	92
5.1. Kesimpulan	92
5.2. Rekomendasi	94
5.3. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Variabel Bahaya Banjir Bandang	14
Tabel 2.2. Variabel Kerawanan Banjir Bandang	24
Tabel 2.3. Unsur-Unsur Kapasitas Banjir Bandang	26
Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3.1. Pembobotan Parameter	43
Tabel 4.1. Jumlah Penduduk Distrik Wasior Tahun 2025	52
Tabel 4.2. Distribusi Kerawanan Banjir Bandang Distrik Wasior	60
Tabel 4.3. Kelas Kerawanan Pada Rencana Pola Ruang	62
Tabel 4.4. Luas Areal Terdampak Banjir Bandang Tahun 2010	65
Tabel 4.5. Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 0 – 1 Meter	66
Tabel 4.6. Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 1 – 2,5 Meter	66
Tabel 4.7. Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 0 – 1 Meter Pada Pola Ruang	67
Tabel 4.8. Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 1 – 2,5 Meter Pada Pola Ruang	67
Tabel 4.9. Jumlah Pendudu Distrik Wasior Tahun 2025	69
Tabel 4.10. Klas Kerawanan Pada Penggunaann Lahan	75
Tabel 4.11. Arahan Zonasi	78
Tabel 4.12. Tabel ITBX	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Alur Penelitian	46
Gambar 4.1. Peta Administrasi Distrik Wasior	48
Gambar 4.2. Peta Kelerengan	49
Gambar 4.3. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS)	50
Gambar 4.4. Peta Tutupan Lahan Distrik Wasior	51
Gambar 4.5. Peta Curah Hujan	55
Gambar 4.6. Kelerengan Distrik Wasior	56
Gambar 4.7. Peta Akumulasi Aliran	57
Gambar 4.8. Peta Jarak ke Sungai	58
Gambar 4.9. Peta Penggunaan Lahan	59
Gambar 4.10. Peta Klas Kerawanan	61
Gambar 4.11. Peta Klas Kerawanan Pada Pola Ruang	63
Gambar 4.12. Peta Banjir Bandang Wasior	64
Gambar 4.13. Peta Banjir Bandang Wasior.....	65
Gambar 4.14. Peta Kerawanan Banjir Bandang Tahun 2010	68
Gambar 4.15. Peta Foto Udara Kawasan Kelurahan Wasior	74
Gambar 4.16. Peta Jalur Evakuasi	76
Gambar 4.17. Peta Tempat Evakuasi	77

Bab I.

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Bencana hidrometeorologi merupakan salah satu ancaman utama dalam pembangunan wilayah di Indonesia, terutama di kawasan dengan karakteristik topografi curam dan curah hujan tinggi seperti Distrik Wasior, Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. Peristiwa Banjir Bandang Wasior 2010 menjadi titik penting yang menunjukkan tingginya tingkat kerawanan wilayah Distrik Wasior terhadap risiko bencana. Banjir bandang tersebut tidak hanya menyebabkan korban jiwa dan kerugian material yang besar, tetapi juga mengungkap kelemahan dalam sistem penataan ruang yang belum sepenuhnya berbasis mitigasi risiko.

Dalam konteks penataan ruang, pendekatan konvensional yang cenderung berorientasi pada pemanfaatan lahan belum secara optimal mengintegrasikan aspek pengurangan risiko bencana. Padahal, konsep mitigasi bencana menekankan pentingnya upaya sistematis untuk mengurangi dampak bahaya melalui perencanaan ruang yang adaptif dan berbasis risiko. Hal ini menjadi semakin relevan di tengah tantangan perubahan iklim yang berpotensi meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian ekstrem seperti hujan lebat dan banjir bandang.

Distrik Wasior memiliki kondisi geografis yang unik, dengan kombinasi daerah pegunungan, sungai-sungai pendek berlereng curam, serta permukiman yang berkembang di dataran aluvial yang rentan. Kondisi ini menuntut adanya pengaturan zonasi yang tidak hanya mempertimbangkan aspek ekonomi dan sosial, tetapi juga daya dukung lingkungan serta risiko bencana. Pendekatan tata ruang berbasis risiko menjadi krusial untuk memastikan bahwa pemanfaatan ruang dapat berlangsung secara aman dan berkelanjutan.

Selain itu, isu inklusivitas dalam tata ruang juga menjadi perhatian penting. Kelompok rentan seperti masyarakat berpenghasilan rendah, perempuan, anak-anak, dan penyandang disabilitas seringkali menjadi pihak

yang paling terdampak dalam situasi bencana. Oleh karena itu, konsep tata ruang inklusif perlu diintegrasikan dengan pendekatan adaptif terhadap iklim agar menghasilkan kebijakan yang tidak hanya aman secara fisik, tetapi juga adil secara sosial.

Sejalan dengan itu, paradigma adaptasi perubahan iklim mendorong perlunya strategi perencanaan yang mampu merespons ketidakpastian kondisi lingkungan di masa depan. Integrasi antara mitigasi risiko bencana dan adaptasi perubahan iklim dalam pengaturan zonasi wilayah menjadi langkah strategis untuk meningkatkan ketahanan kawasan.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu arahan pengaturan zonasi di Distrik Wasior yang berbasis mitigasi risiko banjir bandang, dengan mempertimbangkan prinsip inklusivitas dan adaptasi iklim. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model penataan ruang yang lebih responsif terhadap risiko bencana dan perubahan iklim, serta dapat menjadi referensi bagi perencanaan wilayah di daerah lain dengan karakteristik serupa.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Distrik Wasior memiliki kondisi fisik wilayah yang menyebabkan sebagian kawasan memiliki potensi kerawanan terhadap banjir bandang.
2. Kejadian banjir bandang Wasior menunjukkan bahwa ancaman bencana memiliki dampak signifikan terhadap masyarakat, permukiman, infrastruktur, dan keberlanjutan pembangunan wilayah.
3. Hasil kajian terdahulu menunjukkan adanya zona ancaman banjir bandang tinggi pada kawasan permukiman, jalan, infrastruktur, dan bantaran Sungai Sanduai dan Sungai Anggris.
4. Terdapat wilayah permukiman, khususnya Moru, Wasior I, Wasior II, dan Maniwak, yang termasuk wilayah prioritas dalam pengurangan risiko banjir bandang.

5. RTRW Kabupaten Teluk Wondama telah mengidentifikasi Distrik Wasior sebagai salah satu kawasan rawan banjir dan tanah longsor, tetapi masih diperlukan penerjemahan kondisi kerawanan tersebut ke dalam arahan pengaturan zonasi yang lebih rinci dan operasional.
6. Informasi mengenai tingkat kerawanan bencana belum cukup apabila tidak diintegrasikan dengan kondisi pemanfaatan ruang dan instrumen pengendalian ruang.
7. Diperlukan arahan pengaturan zonasi yang mampu membedakan ketentuan pemanfaatan ruang berdasarkan tingkat kerawanan banjir bandang.
8. Diperlukan integrasi antara mitigasi bencana dengan pengaturan pemanfaatan ruang agar perkembangan wilayah Distrik Wasior tidak membentuk risiko bencana baru.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini mengenai Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang memiliki fokus yang jelas. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada wilayah administratif Distrik Wasior, Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat, dengan perhatian khusus pada kawasan yang memiliki keterkaitan dengan sistem aliran sungai dan potensi banjir bandang.
2. Jenis bencana yang menjadi fokus penelitian dibatasi pada banjir bandang, sehingga penelitian tidak membahas secara mendalam jenis bencana lainnya.
3. Analisis kerawanan banjir bandang difokuskan pada faktor-faktor fisik dan spasial yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir bandang, seperti kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, kondisi geologi, jarak terhadap sungai, sistem aliran sungai, dan variabel lain yang relevan serta tersedia dalam penelitian.

4. Tingkat kerawanan banjir bandang dalam penelitian diklasifikasikan secara spasial ke dalam beberapa kategori, terutama kerawanan rendah, sedang, dan tinggi, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis terhadap pemanfaatan ruang.
5. Penelitian membahas pemanfaatan ruang eksisting dan rencana pola ruang pada Distrik Wasior untuk mengetahui hubungan, kesesuaian, maupun potensi konflik antara penggunaan ruang dengan tingkat kerawanan banjir bandang.
6. Kajian mitigasi bencana dalam penelitian dibatasi pada mitigasi yang memiliki keterkaitan langsung dengan penataan dan pengendalian pemanfaatan ruang. Mitigasi tersebut dapat meliputi pembatasan pembangunan, perlindungan sempadan sungai, pengaturan intensitas pemanfaatan ruang, persyaratan pembangunan, penyediaan jalur dan ruang evakuasi, serta arahan pengembangan kawasan yang lebih aman.
7. Penelitian tidak membahas secara rinci desain teknis bangunan pengendali banjir, seperti dimensi tanggul, bendung, sabo dam, drainase, maupun konstruksi pengaman sungai. Aspek struktural hanya digunakan sebagai pertimbangan dalam penyusunan arahan zonasi apabila diperlukan.
8. Arahan pengaturan zonasi yang dihasilkan dalam penelitian bersifat arahan konseptual dan spasial, yang meliputi ketentuan kegiatan yang diperbolehkan, diperbolehkan secara terbatas, diperbolehkan dengan persyaratan tertentu, dan tidak diperbolehkan pada zona tertentu berdasarkan tingkat kerawanan banjir bandang.
9. Penelitian tidak dimaksudkan untuk menyusun Peraturan Zonasi atau RDTR secara lengkap, tetapi menghasilkan rekomendasi dan arahan pengaturan zonasi yang dapat digunakan sebagai bahan masukan dalam penyusunan atau penyempurnaan dokumen tata ruang yang lebih rinci.
10. Arahan pengaturan zonasi disusun dengan mempertimbangkan hasil analisis kerawanan banjir bandang, kondisi penggunaan lahan eksisting, rencana pola ruang, karakteristik kawasan terbangun, serta kebutuhan mitigasi bencana.

Dengan batasan tersebut, penelitian diarahkan untuk menjawab persoalan utama mengenai bagaimana kondisi kerawanan banjir bandang dapat diterjemahkan menjadi arahan pengaturan dan pengendalian pemanfaatan ruang di Distrik Wasior, sehingga hasil penelitian tetap berorientasi pada bidang perencanaan wilayah dan penataan ruang.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, pertanyaan penelitian dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior berdasarkan analisis spasial ?
2. Bagaimana kondisi pemanfaatan ruang eksisting terhadap tingkat kerawanan banjir bandang?
3. Bagaimana kebutuhan mitigasi berdasarkan tingkat kerawanan banjir bandang dan karakteristik pemanfaatan ruang di Distrik Wasior ?
4. Bagaimana arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior berdasarkan mitigasi kerawanan banjir bandang ?

1.5. Tujuan Penulisan

Tujuan umum penelitian ini adalah merumuskan arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior yang mengintegrasikan mitigasi kerawanan banjir bandang sebagai dasar pengendalian pemanfaatan ruang.

Adapun tujuannya adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi karakteristik dan distribusi spasial tingkat kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior.
2. Menganalisis kesesuaian antara pemanfaatan ruang eksisting dan rencana pola ruang dengan tingkat kerawanan banjir bandang.
3. Menentukan kebutuhan mitigasi ruang berdasarkan tingkat kerawanan banjir bandang dan karakteristik pemanfaatan ruang.
4. Merumuskan arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior berdasarkan tingkat kerawanan dan kebutuhan mitigasi banjir bandang.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang diharapkan memberikan manfaat terutama dalam mendukung pengembangan penataan ruang yang lebih responsif terhadap kondisi kerawanan bencana.

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian dalam bidang perencanaan wilayah dan kota, khususnya yang berkaitan dengan integrasi antara penataan ruang dan mitigasi bencana. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa informasi mengenai tingkat kerawanan banjir bandang belum cukup apabila hanya berhenti pada tahap pemetaan bahaya atau kerawanan. Informasi tersebut perlu diterjemahkan lebih lanjut menjadi dasar dalam menentukan bentuk pemanfaatan ruang yang sesuai dengan kondisi fisik wilayah. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual mengenai bagaimana data kerawanan banjir bandang dapat diintegrasikan dengan kondisi pemanfaatan ruang eksisting dan rencana pola ruang untuk menghasilkan arahan pengaturan zonasi yang lebih adaptif terhadap risiko bencana.

Penelitian ini juga diharapkan dapat memperkuat pemahaman mengenai hubungan antara karakteristik fisik wilayah, tingkat kerawanan banjir bandang, pola pemanfaatan ruang, serta kebutuhan pengendalian ruang. Melalui analisis terhadap distribusi spasial kerawanan banjir bandang dan keterkaitannya dengan permukiman, infrastruktur, jaringan jalan, serta fungsi ruang lainnya, penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi ketidaksesuaian antara fungsi ruang dan kondisi kerawanan bencana. Dengan demikian, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang membahas perencanaan ruang berbasis mitigasi bencana pada wilayah dengan karakteristik fisik dan kebencanaan yang serupa.

Secara metodologis, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat melalui penerapan pendekatan analisis spasial yang mengintegrasikan peta kerawanan banjir bandang dengan penggunaan lahan eksisting dan rencana

pola ruang. Integrasi tersebut dapat menghasilkan informasi mengenai bagian-bagian wilayah yang relatif aman untuk dikembangkan, wilayah yang masih dapat dimanfaatkan dengan persyaratan tertentu, serta wilayah yang perlu dibatasi atau dilindungi karena memiliki tingkat kerawanan tinggi. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif metode dalam penyusunan kebijakan tata ruang yang lebih sensitif terhadap kondisi kebencanaan.

Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam menentukan arah pengembangan wilayah Distrik Wasior agar tidak menambah keterpaparan masyarakat dan aset pada kawasan yang memiliki tingkat kerawanan tinggi.

Hasil analisis mengenai kesesuaian antara pemanfaatan ruang eksisting dan tingkat kerawanan banjir bandang juga dapat memberikan masukan bagi pemerintah daerah dalam mengevaluasi pola pemanfaatan ruang yang telah berkembang. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi kawasan permukiman, infrastruktur, fasilitas pelayanan, maupun kegiatan budidaya yang berada pada lokasi yang memerlukan pengendalian lebih lanjut. Dengan demikian, pengambilan keputusan terkait pembangunan baru, peningkatan intensitas kegiatan, maupun pengembangan kawasan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan dan mitigasi bencana.

Selain itu, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi masyarakat Distrik Wasior melalui tersedianya informasi yang lebih jelas mengenai tingkat kerawanan ruang yang digunakan untuk tempat tinggal maupun aktivitas sehari-hari. Pemahaman mengenai kondisi kerawanan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pemanfaatan ruang yang memperhatikan aspek keselamatan, serta mendorong partisipasi masyarakat dalam upaya mitigasi dan pengurangan risiko banjir bandang.

Pada akhirnya, manfaat utama penelitian ini adalah menghasilkan dasar pemikiran dan arahan yang dapat menjembatani informasi kerawanan banjir

bandang dengan kebijakan pengaturan pemanfaatan ruang. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menjelaskan lokasi yang rawan terhadap banjir bandang, tetapi juga memberikan arahan mengenai bagaimana ruang tersebut seharusnya dimanfaatkan, dikendalikan, dibatasi, atau dilindungi. Melalui pendekatan tersebut, penelitian diharapkan dapat mendukung terwujudnya Distrik Wasior yang lebih aman, tangguh, dan berkelanjutan terhadap ancaman banjir bandang.

Bab II.

Tinjauan Pustaka

2.1. Risiko Bencana

Risiko bencana merupakan potensi kerugian yang dapat terjadi pada suatu wilayah dalam periode tertentu akibat adanya ancaman bencana, kerawanan, paparan, dan kapasitas masyarakat atau wilayah. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017) mendefinisikan risiko bencana sebagai potensi kehilangan jiwa, cedera, kerusakan aset, atau kerusakan sistem yang ditentukan oleh fungsi bahaya, paparan, kerawanan, dan kapasitas.

Dalam konteks Indonesia, kajian risiko bencana mengacu pada komponen bahaya, kerawanan, dan kapasitas. Pedoman BNPB menyatakan bahwa pengkajian risiko bencana digunakan sebagai acuan bagi kementerian/lembaga, pemerintah daerah, dan masyarakat dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana.

Secara konseptual, risiko bencana dapat dirumuskan sebagai berikut :

Risiko = fungsi dari Bahaya, Kerawanan, dan Kapasitas

Dalam penelitian ini, risiko banjir bandang dipahami sebagai hasil interaksi antara :

Bahaya, yaitu potensi kejadian banjir bandang;

Kerawanan, yaitu kondisi masyarakat, aset, dan lingkungan yang mudah terdampak;

Kapasitas, yaitu kemampuan masyarakat dan pemerintah dalam mengurangi risiko, merespons, dan pulih.

Dengan demikian, risiko akan meningkat apabila tingkat bahaya dan kerawanan tinggi, tetapi kapasitas masyarakat dan wilayah rendah.

2.2. Banjir Bandang

Banjir bandang adalah bentuk banjir yang terjadi secara cepat, biasanya dipicu oleh hujan ekstrem di wilayah hulu, kemiringan lereng yang curam, kondisi daerah aliran sungai yang rusak, serta akumulasi material seperti batu,

kayu, lumpur, dan sedimen. Banjir bandang berbeda dengan banjir biasa karena memiliki kecepatan aliran tinggi, waktu kejadian singkat, dan daya rusak besar.

Menurut United Nations International Strategy for Disaster Reduction/UNISDR (2016), banjir bandang adalah bencana alam dengan kapasitas bahaya tertinggi untuk menghasilkan risiko yaitu potensi hilangnya nyawa, bahaya dan aset rusak pada masyarakat sebagai akibat dari peristiwa bahaya yang ditentukan dengan menggabungkan bahaya, paparan, dan kerawanan.

Banjir bandang didefinisikan dalam petunjuk mitigasi Japan International Cooperation Agency (JICA 2012) sebagai penggenangan akibat limpasan keluar alur sungai karena debit sungai membesar tiba-tiba, melampaui kapasitas aliran, terjadi cepat di daerah rendah, lembah sungai, dan cekungan, serta biasanya membawa debris atau material dalam alirannya. Dokumen tersebut juga menjelaskan bahwa banjir bandang berbeda dari banjir biasa karena berlangsung cepat, biasanya kurang dari enam jam, dengan kecepatan aliran besar dan sering hampir tanpa peringatan yang cukup.

Dalam konteks Distrik Wasior, banjir bandang pada 4 Oktober 2010 menjadi dasar penting penelitian ini. Dokumen BNPB tentang rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana Wasior menjelaskan bahwa kejadian tersebut dipicu oleh hujan deras sejak 3–4 Oktober 2010, mengakibatkan beberapa sungai meluap dan membawa material lumpur, kayu, serta bebatuan.

Berdasarkan hal tersebut, banjir bandang di Wasior tidak hanya dipahami sebagai fenomena hidrologis, tetapi juga sebagai persoalan tata ruang, pengelolaan DAS, mitigasi bencana, dan perlindungan masyarakat rentan.

2.3. Bahaya Banjir Bandang

Menurut Fatimah dkk, 2017, ancaman (hazard) bencana banjir adalah salah satu variabel dalam penilaian risiko bencana banjir. Penentuan tingkat

ancaman suatu kawasan dapat diketahui dari sejarah kejadian bencana yang pernah terjadi di kawasan tersebut.

Badan Penanggulangan Bencana Nasional (BNPB 2012), dalam Kajian Risiko Bencana, bahaya atau ancaman dipahami sebagai potensi kejadian yang dapat menimbulkan dampak buruk. BNPB menempatkan pengkajian tingkat ancaman sebagai salah satu bagian utama dalam pengkajian risiko bencana, bersama dengan kerawanan, kapasitas, risiko, dan kebijakan penanggulangan bencana.

Menurut Japan International Cooperation Agency (JICA 2012), unsur-unsur bahaya banjir bandang adalah :

- Debit air besar
Terjadi peningkatan debit sungai secara tiba-tiba hingga melebihi kapasitas alur sungai.
- Kejadian cepat
Banjir bandang terjadi dalam waktu singkat dan sering tidak memberi waktu cukup untuk evakuasi.
- Kecepatan aliran tinggi
Aliran bergerak sangat cepat sehingga mampu menyapu wilayah yang dilaluinya.
- Membawa material/debris
Aliran dapat membawa lumpur, batu, kayu, batang pohon, dan sedimen.
- Daya rusak besar
Dapat merusak rumah, jembatan, jalan, lahan pertanian, serta menimbulkan korban jiwa.
- Dipicu kondisi DAS
Dipengaruhi oleh hujan lebat, lereng curam, tanah jenuh, tutupan lahan rusak, longsor, atau bendungan alam yang jebol.

JICA menjelaskan bahwa karena besarnya debit dan kecepatan alirannya, banjir bandang dapat mengangkut bebatuan, lumpur, sedimen, batang pohon, merusak lahan pertanian, menghancurkan jembatan dan rumah, bahkan menimbulkan korban jiwa.

BNPB (2012) menjelaskan bahwa bahaya banjir bandang adalah ancaman aliran deras yang terjadi secara tiba-tiba dan membawa material sedimen dalam jumlah besar, terutama pada daerah yang memiliki lereng curam dan berada di wilayah hulu DAS. Hal ini sejalan dengan pendapat Paimin dkk. (2010) yang menyatakan bahwa bahaya banjir bandang sangat dipengaruhi oleh kondisi biofisik DAS, khususnya tutupan lahan dan kemampuan tanah menyerap air. Ketika hutan atau vegetasi berkurang, kemampuan lahan menahan air menjadi rendah, sehingga potensi bahaya meningkat.

Selanjutnya, Soewarno (2016) menegaskan bahwa bahaya banjir bandang terkait erat dengan fenomena hidrologis dan geomorfologi yang terjadi di daerah pegunungan. Kombinasi curah hujan tinggi, karakteristik lereng yang curam, jenis tanah berinfiltrasi rendah, serta kapasitas sungai yang sempit menyebabkan peningkatan bahaya banjir bandang secara signifikan. Kondisi tersebut membuat aliran air bergerak cepat dan membawa material besar yang dapat memperparah dampak di wilayah hilir.

Dengan demikian, bahaya banjir bandang dapat dipahami sebagai potensi fisik-hidrologis yang memicu terjadinya aliran banjir bandang, ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan seperti curah hujan ekstrem, kemiringan lereng, tutupan lahan, kondisi geologi dan tanah, serta kapasitas aliran sungai. Tingginya nilai bahaya mengindikasikan semakin besar peluang terjadinya banjir bandang di suatu wilayah.

Bahaya banjir bandang merupakan komponen utama dalam penilaian risiko bencana yang menggambarkan tingkat potensi fisik terjadinya aliran banjir bandang di suatu wilayah. Variabel bahaya banjir bandang pada dasarnya terdiri dari faktor-faktor biofisik lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap kemungkinan munculnya banjir bandang. Menurut UNISDR (2015), *hazard* merupakan potensi kejadian alam atau buatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan. Dalam konteks banjir bandang, bahaya dipengaruhi oleh kondisi hidrologis, geomorfologi, serta karakteristik DAS yang memengaruhi proses limpasan permukaan.

Secara umum, variabel bahaya banjir bandang mencakup beberapa komponen utama, yaitu curah hujan, kemiringan lereng, tutupan/penggunaan lahan, jenis tanah dan geologi, elevasi, serta kedekatan dengan sungai. Masing-masing variabel memiliki tolok ukur yang dapat diukur secara kuantitatif untuk dianalisis melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Adapun variabel dan tolok ukur yang pertama adalah curah hujan. Curah hujan menjadi variabel utama karena intensitas hujan tinggi dalam durasi singkat merupakan pemicu langsung terjadinya limpasan permukaan yang besar. BNPB (2012) menegaskan bahwa intensitas hujan ekstrem berkontribusi signifikan terhadap peningkatan debit aliran sungai dan potensi banjir bandang. Tolok ukurnya dapat berupa *intensitas hujan harian maksimum (mm/hari)* atau *curah hujan bulanan maksimum*.

Kedua, kemiringan lereng memengaruhi kecepatan aliran air dari bagian hulu ke hilir. Lereng terjal menyebabkan percepatan aliran dan memperbesar potensi terjadinya banjir bandang. Menurut Soewarno (2016), wilayah dengan kemiringan lereng di atas 25% memiliki potensi bahaya banjir bandang lebih tinggi. Tolok ukurnya menggunakan persentase kemiringan lereng (*slope*).

Ketiga, tutupan atau penggunaan lahan menjadi variabel penting karena menentukan kapasitas permukaan tanah menyerap air. Alih fungsi hutan menjadi permukiman atau perkebunan intensif dapat meningkatkan limpasan permukaan. Paimin dkk. (2010) menyatakan bahwa berkurangnya vegetasi hutan secara signifikan meningkatkan bahaya banjir bandang. Tolok ukurnya menggunakan kategori land cover seperti hutan, semak belukar, perkebunan, sawah, atau permukiman. Keempat, jenis tanah dan kondisi geologi turut menentukan kapasitas infiltrasi lahan. Tanah berinfiltrasi rendah, seperti tanah liat atau batuan kedap air, mempercepat terjadinya limpasan permukaan. USGS (2008) mengidentifikasi bahwa kondisi tanah bertekstur halus dan berbatu memperbesar bahaya banjir bandang. Tolok ukurnya menggunakan kelas infiltrasi tanah atau kategori jenis tanah.

Kelima, elevasi/ketinggian tempat merupakan faktor geomorfologi yang memengaruhi arah dan konsentrasi aliran air. Daerah cekungan dan lembah lebih rentan menerima akumulasi aliran yang besar. Tolok ukurnya berupa nilai elevasi dari data DEM.

Keenam, kedekatan dengan sungai menjadi tolok ukur penting, karena daerah yang berada dekat alur sungai memiliki risiko tertinggi ketika terjadi peningkatan debit aliran. BNPB (2012) menekankan bahwa jarak buffer sungai dapat menentukan tingkat bahaya. Tolok ukurnya menggunakan zona jarak misalnya 0–100 m, 100–300 m, dan >300 m dari sungai.

Dengan demikian, variabel dan tolok ukur tersebut membentuk dasar dalam pemodelan bahaya banjir bandang, yang kemudian diintegrasikan untuk menghasilkan peta bahaya berbasis SIG. Semakin tinggi nilai variabel seperti curah hujan, kemiringan lereng, atau sedimentasi sungai, maka semakin tinggi pula potensi bahaya banjir bandang dalam suatu wilayah.

Secara ringkas variabel bahaya banjir bandang dapat diringkas dalam tabel berikut :

Tabel 2.1. Variabel Bahaya Banjir Bandang

Variabel	Makna terhadap bahaya
Curah hujan ekstrem	Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar potensi limpasan dan kenaikan debit sungai
Kemiringan lereng	Lereng curam mempercepat aliran permukaan dari hulu ke hilir
Jarak dari sungai	Wilayah yang dekat dengan sungai atau alur lembah memiliki bahaya lebih tinggi
Tutupan lahan	Hutan rusak, lahan terbuka, dan permukiman meningkatkan limpasan
Jenis tanah/geologi	Tanah mudah jenuh, mudah longsor, atau batuan lapuk meningkatkan material banjir

Sumber : BNPB 2012

2.4. Kerawanan Banjir Bandang

Menurut BNPB, banjir bandang merupakan banjir yang datang secara tiba-tiba dengan debit air yang besar dan dapat terjadi antara lain akibat terbendungnya aliran sungai. Berdasarkan pengertian tersebut, kerawanan banjir bandang secara operasional dapat dipahami sebagai kondisi suatu wilayah yang mempunyai kecenderungan mengalami aliran banjir secara

tiba-tiba dengan debit besar akibat karakteristik fisik wilayah dan proses hidrologis yang mendukung terjadinya banjir bandang.

Sedangkan menurut Wang, dkk., (2021) menjelaskan *flood susceptibility* sebagai probabilitas atau kemungkinan suatu wilayah mengalami banjir. Konsep kerawanan digunakan untuk menunjukkan lokasi yang mempunyai kecenderungan relatif lebih tinggi mengalami banjir berdasarkan faktor-faktor pengondisi yang terdapat pada wilayah tersebut. Dengan demikian, dalam konteks banjir bandang, kerawanan menunjukkan peluang spasial relatif suatu wilayah untuk mengalami kejadian banjir bandang

Lebih jauh menurut Riveros, dkk., (2026) dalam kajian yang secara khusus membahas *flash flood susceptibility* memposisikan kerawanan sebagai kecenderungan spasial relatif suatu lokasi untuk mengalami banjir bandang berdasarkan faktor-faktor penyebab atau pengondisi. Penelitian tersebut membedakan kerawanan dari *hazard*: peta kerawanan menunjukkan pola spasial lokasi yang lebih atau kurang rentan terhadap terjadinya banjir bandang, sedangkan penilaian *hazard* memerlukan tambahan informasi mengenai probabilitas kejadian dalam suatu periode waktu tertentu

Bucherie, dkk., (2022) menegaskan bahwa tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap banjir bandang berkaitan dengan karakteristik geomorfometri dan kondisi permukaan daerah aliran sungai. Faktor-faktor tersebut memengaruhi kemampuan DAS dalam menerima, menyimpan, menginfiltrasikan, dan mengalirkan air hujan sehingga menentukan cepat atau lambatnya respons hidrologis suatu DAS.

2.4.1. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kerawanan Banjir Bandang

Kerawanan banjir bandang merupakan hasil interaksi sejumlah variabel. Tidak seluruh wilayah mempunyai kombinasi faktor yang sama sehingga tingkat kerawanannya berbeda secara spasial. Literatur mengenai flash flood susceptibility menggunakan berbagai faktor seperti curah hujan, kemiringan lereng, elevasi, geologi atau litologi,

jenis tanah, penggunaan lahan, kerapatan drainase, jarak terhadap sungai, dan berbagai indeks morfometri DAS.

A. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu pemicu utama terjadinya banjir bandang. Intensitas hujan yang tinggi dalam waktu singkat dapat menyebabkan jumlah air yang mencapai permukaan lebih besar daripada kemampuan tanah untuk melakukan infiltrasi. Akibatnya, sebagian besar air berubah menjadi limpasan permukaan dan bergerak menuju jaringan aliran.

Dalam kondisi tanah yang telah jenuh, tambahan hujan akan semakin mudah menjadi limpasan permukaan. WMO menjelaskan bahwa tingkat kejenuhan tanah merupakan salah satu informasi penting dalam menilai potensi flash flood karena tanah yang mendekati kondisi jenuh mempunyai kemampuan yang lebih rendah untuk menerima tambahan air hujan.

Dengan demikian, secara teoritis dapat dinyatakan semakin tinggi intensitas dan akumulasi curah hujan, terutama pada kondisi tanah yang telah jenuh, semakin besar potensi pembentukan limpasan dan banjir bandang.

B. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor penting karena memengaruhi kecepatan pergerakan air di permukaan. Lereng yang semakin curam cenderung mempercepat aliran permukaan dan memperpendek waktu konsentrasi air menuju jaringan sungai. Kondisi tersebut dapat meningkatkan kecepatan kenaikan debit sungai.

Lereng yang curam juga mempunyai hubungan dengan proses erosi dan gerakan massa tanah. Apabila kestabilan lereng terganggu akibat hujan, material hasil longsor dapat memasuki alur sungai dan menjadi sumber material banjir bandang. BNPB menyebut kawasan aliran sungai yang terbentuk dari lembah

perbukitan dengan lereng curam sebagai salah satu kondisi yang mendukung terjadinya banjir bandang.

Kondisi ini sangat relevan di Wasior. Mamengko et al. mengidentifikasi kondisi lereng ekstrem sebagai salah satu faktor penting dalam proses banjir bandang Wasior.

C. Elevasi atau Ketinggian

Elevasi berhubungan dengan pola pergerakan dan akumulasi air dalam suatu DAS. Daerah dengan ketinggian tinggi pada bagian hulu berfungsi sebagai wilayah sumber aliran, sedangkan wilayah yang lebih rendah cenderung menjadi lokasi konsentrasi dan penerima aliran.

Namun, pengaruh elevasi terhadap kerawanan tidak dapat dibaca secara terpisah. Pada banjir bandang, bagian hulu yang tinggi dan curam dapat berfungsi sebagai zona pembentukan atau sumber, sementara bagian hilir yang relatif rendah dapat menjadi zona lintasan dan pengendapan material.

Oleh karena itu, elevasi perlu dianalisis bersama dengan kemiringan lereng, arah aliran, sungai, serta morfologi DAS. Berbagai studi pemetaan kerawanan banjir menggunakan elevasi sebagai salah satu faktor utama dalam menjelaskan distribusi spasial kerawanan.

D. Geologi/Litologi

Kondisi geologi menentukan karakteristik batuan, tingkat pelapukan, permeabilitas, kestabilan lereng, serta ketersediaan material yang dapat mengalami erosi atau gerakan tanah.

Batuan yang telah mengalami pelapukan kuat cenderung menghasilkan material lepas yang lebih mudah dimobilisasi. Pada wilayah dengan lereng curam, material tersebut dapat bergerak menuju lembah dan sungai ketika dipicu oleh curah hujan tinggi. Struktur geologi seperti sesar dan rekahan juga dapat memengaruhi tingkat pelapukan dan kestabilan batuan. BNPB menyebut keadaan geologi batuan atau tanah pembentuk lereng

dan struktur geologi sebagai faktor yang berkaitan dengan pembentukan longsor dan bendungan alami pada aliran sungai. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Mamengko dkk., (2022) yang menggunakan litologi dan sesar sebagai bagian dari data dalam analisis ancaman banjir bandang Sungai Sanduai dan Anggris.

E. Bentuk Lahan/Geomorfologi

Bentuk lahan menggambarkan hasil interaksi proses geologi, erosi, sedimentasi, dan hidrologi yang berlangsung pada suatu wilayah. Bentuk lembah, dataran banjir, kipas aluvial, perbukitan, serta bentuk lahan lainnya dapat menunjukkan kecenderungan suatu lokasi menjadi sumber, lintasan, maupun tempat pengendapan material banjir bandang.

Kawasan lembah sempit dapat menyebabkan konsentrasi aliran semakin tinggi. Sebaliknya, ketika aliran keluar dari lembah sempit menuju kawasan yang lebih datar, energi aliran dapat berubah dan material yang dibawa dapat tersebar pada kawasan yang lebih luas. Oleh sebab itu, karakteristik geomorfologi merupakan komponen penting dalam pemetaan flash flood susceptibility.

Mamengko, dkk., (2022) juga memasukkan bentuk lahan sebagai salah satu data spasial dalam pemetaan ancaman banjir bandang Wasior.

F. Jarak dari Sungai

Kedekatan suatu lokasi terhadap alur sungai berpengaruh terhadap kemungkinan wilayah tersebut terkena aliran banjir bandang. Secara umum, kawasan yang semakin dekat dengan sungai memiliki peluang lebih besar untuk mengalami pengaruh langsung aliran dibandingkan kawasan yang berada lebih jauh, meskipun kondisi topografi lokal tetap memengaruhi arah penyebaran aliran.

Kajian pemetaan kerawanan banjir menunjukkan bahwa jarak terhadap sungai merupakan salah satu variabel yang sering digunakan untuk menentukan flood susceptibility.

Pada Wasior, Mamengko, dkk.. (2022) menggunakan jarak dari sungai sebagai salah satu parameter spasial. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa zona ancaman tinggi ditemukan antara lain pada bantaran Sungai Sanduai dan Sungai Anggris.

G. Kerapatan Drainase

Kerapatan drainase (drainage density) menggambarkan panjang jaringan sungai dalam suatu satuan luas DAS. Parameter tersebut menunjukkan tingkat perkembangan jaringan aliran dalam mengumpulkan dan menyalurkan air.

Jaringan drainase yang mampu mengonsentrasikan air secara cepat dapat menghasilkan respons DAS yang cepat terhadap hujan. Karena itu, drainage density merupakan salah satu variabel yang banyak digunakan dalam analisis kerawanan banjir dan banjir bandang. Sejumlah penelitian menemukan bahwa kerapatan drainase, kemiringan, dan jarak terhadap sungai merupakan faktor penting dalam memprediksi lokasi rawan banjir.

H. Penggunaan dan Tutupan Lahan

Penggunaan dan tutupan lahan memengaruhi proses infiltrasi, intersepsi hujan, limpasan permukaan, serta erosi. Vegetasi dapat menahan sebagian air hujan, memperbaiki struktur tanah, serta mengurangi kecepatan limpasan permukaan.

Sebaliknya, perubahan vegetasi menjadi kawasan terbangun atau permukaan yang lebih kedap dapat mengurangi infiltrasi dan meningkatkan volume serta kecepatan limpasan. Studi mengenai kerawanan banjir menunjukkan bahwa land use/land cover merupakan salah satu faktor penting dalam memengaruhi respons hidrologis suatu wilayah.

BNPB juga memasukkan tata guna lahan sebagai salah satu kondisi yang berkaitan dengan kestabilan lereng dan pembentukan material longsoran yang dapat menyumbat sungai.

I. Jenis dan Kondisi Tanah

Jenis tanah menentukan karakteristik infiltrasi, permeabilitas, kapasitas penyimpanan air, dan kemampuan tanah mempertahankan kestabilannya ketika jenuh.

Tanah dengan kemampuan infiltrasi tinggi pada kondisi tertentu dapat mengurangi pembentukan limpasan langsung. Sebaliknya, tanah dengan infiltrasi rendah atau tanah yang telah mencapai kondisi jenuh cenderung meningkatkan limpasan permukaan.

Selain itu, kejenuhan tanah pada lereng dapat menurunkan kestabilan material dan memicu longsoran. Karena itu, karakteristik tanah dan tingkat kelembapan tanah merupakan bagian penting dalam pemahaman mekanisme banjir bandang. WMO secara khusus menggunakan kondisi kelembapan tanah sebagai salah satu komponen untuk menilai potensi pembentukan limpasan cepat.

J. Gerakan Tanah

Untuk kasus banjir bandang yang mempunyai karakter debris flow, keberadaan material lepas merupakan faktor yang sangat penting. Material dapat berasal dari longsoran lereng, erosi tebing sungai, pelapukan batuan, maupun endapan yang berada di dalam alur sungai.

Ketika debit dan kecepatan aliran meningkat, material tersebut dapat termobilisasi dan bergerak ke hilir bersama air. Semakin besar volume material yang terbawa, semakin besar pula potensi daya rusak aliran.

Faktor ini mempunyai kedudukan penting dalam penelitian Distrik Wasior karena kajian sebelumnya secara langsung mengategorikan kejadian Wasior sebagai aliran rombakan dan

menggunakan informasi titik ancaman gerakan tanah sebagai salah satu masukan analisis.

2.4.2. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Banjir Bandang

Hasil indeks kerawanan selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi klas kerawanan. Klasifikasi dapat dibuat menjadi tiga atau lima kelas sesuai tujuan penelitian, distribusi data, pedoman yang digunakan, dan kebutuhan analisis.

Dalam sistem kajian risiko bencana BNPB, klasifikasi hasil analisis spasial pada umumnya menggunakan tiga tingkatan utama, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pedoman BNPB juga menempatkan analisis bahaya sebagai bagian dari proses yang lebih luas bersama analisis kerentanan dan kapasitas untuk menghasilkan kajian risiko bencana.

Untuk penelitian ini, penggunaan tiga kelas dapat dipertahankan agar konsisten dengan penelitian sebelumnya di Wasior, yaitu :

1. Kerawanan Rendah

Merupakan wilayah dengan kombinasi faktor fisik yang relatif tidak mendukung pembentukan atau penjalaran banjir bandang dibandingkan wilayah lainnya. Pemanfaatan ruang pada wilayah tersebut relatif lebih memungkinkan untuk dikembangkan, tetapi tetap harus mempertimbangkan ketentuan tata ruang dan kondisi lingkungan lainnya.

2. Kerawanan Sedang

Merupakan wilayah yang memiliki beberapa karakteristik yang mendukung terjadinya atau terpengaruh banjir bandang. Pemanfaatan ruang pada zona ini memerlukan pembatasan serta persyaratan mitigasi tertentu.

3. Kerawanan Tinggi

Merupakan wilayah yang memiliki kombinasi faktor paling mendukung terhadap pembentukan, jalur pergerakan, atau dampak langsung aliran banjir bandang. Pada zona tersebut diperlukan

pengendalian pemanfaatan ruang yang lebih ketat, terutama terhadap kegiatan yang dapat meningkatkan jumlah penduduk dan aset yang terpapar.

Penelitian Mamengko et al. menghasilkan tiga kelas ancaman pada DAS Sanduai dan Anggris. Zona ancaman tinggi ditemukan pada kawasan permukiman, infrastruktur, serta bantaran sungai; zona sedang antara lain berhubungan dengan pinggir sungai dan sumber material longsor; sedangkan zona rendah mempunyai karakteristik spasial yang berbeda.

2.5. Kerentanan Banjir Bandang

Dalam pengertian umum kebencanaan, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (UNDRR 2017) mendefinisikan kerentanan sebagai kondisi yang ditentukan oleh faktor atau proses fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang meningkatkan kerawanan individu, komunitas, aset, atau sistem terhadap dampak bahaya.

Dalam konteks Indonesia, BNPB menjelaskan bahwa kerentanan atau vulnerability berkaitan dengan kerugian yang diharapkan atau dampak pada suatu daerah apabila bencana tertentu terjadi dengan intensitas tertentu. BNPB juga menjelaskan bahwa kerentanan biasanya dihitung dari pajanan penduduk, aset, dan sensitivitas terhadap bencana tertentu.

Kerentanan terhadap banjir bandang merujuk pada kondisi yang membuat suatu individu, kelompok, atau wilayah lebih mudah terdampak secara signifikan oleh kejadian banjir bandang. Kerentanan ini muncul dari kombinasi faktor sosial, ekonomi, fisik, lingkungan, serta kapasitas masyarakat dalam merespons bencana. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2020) mendefinisikan kerentanan sebagai karakteristik yang meningkatkan kemungkinan kerusakan ketika bahaya terjadi, termasuk kondisi sosial-ekonomi, kapasitas adaptasi, dan faktor spasial. Dalam konteks banjir bandang, kerentanan sangat dipengaruhi oleh topografi terjal, perubahan penggunaan lahan, kualitas bangunan, serta ketergantungan masyarakat pada kawasan sempadan sungai.

Secara fisik, kerentanan meningkat ketika pemukiman berada di daerah aliran sungai kecil, lereng curam, atau zona rawan longsor. Struktur bangunan yang lemah, penggunaan material berkualitas rendah, serta kepadatan pemukiman turut memperbesar potensi kerusakan. Menurut BNPB (2022), masyarakat yang bermukim di bantaran sungai atau kaki bukit berada dalam risiko lebih besar karena karakter banjir bandang yang membawa material berat dan memiliki kecepatan aliran tinggi. Perubahan tata guna lahan seperti deforestasi, konversi lahan hutan menjadi perkebunan atau permukiman, dan kerusakan vegetasi riparian juga memperburuk infiltrasi tanah sehingga mempercepat aliran permukaan dan meningkatkan potensi banjir bandang.

Dari aspek sosial-ekonomi, kelompok masyarakat berpendapatan rendah, dengan akses terbatas terhadap pendidikan dan sumber daya, cenderung memiliki kapasitas adaptif yang lebih rendah. Mereka kesulitan memperkuat struktur rumah, memindahkan lokasi permukiman, atau mengakses informasi peringatan dini. BMKG (2023) menegaskan bahwa rendahnya literasi cuaca dan akses informasi meteorologis berkontribusi pada tingginya risiko fatalitas banjir bandang. Selain itu, tingkat kepemimpinan lokal, koordinasi komunitas, dan budaya gotong royong juga mempengaruhi kemampuan masyarakat menghadapi ancaman tersebut.

Kerentanan lingkungan juga memainkan peranan penting. Ekosistem yang rusak, sedimentasi tinggi di sungai, serta drainase alami yang tersumbat mempercepat terjadinya luapan air ekstrem. Kajian Suryana dan Lestari (2022) menunjukkan bahwa DAS kecil dengan tutupan vegetasi terdegradasi memiliki peningkatan risiko banjir bandang hingga beberapa kali lipat dibandingkan DAS yang masih terjaga. Kerentanan juga dipengaruhi oleh faktor institusional, termasuk keterbatasan kebijakan tata ruang, lemahnya pengawasan pembangunan di zona rawan, serta ketiadaan infrastruktur mitigasi seperti sabo dam, early warning system, dan jalur evakuasi (Hidayat & Prasetyo, 2021).

Dengan memahami berbagai dimensi kerentanan ini, upaya penanggulangan banjir bandang perlu dilakukan melalui pendekatan holistik. Strategi mitigasi harus mencakup peningkatan kapasitas masyarakat,

penguatan tata ruang berbasis risiko, pemulihan fungsi ekologis DAS, serta pengembangan sistem peringatan dini berbasis meteorologi dan hidrologi. Tanpa pengurangan kerentanan, bahaya banjir bandang akan terus menjadi ancaman besar bagi jiwa dan lingkungan di wilayah rawan.

Kerentanan banjir bandang (flash flood vulnerability) merujuk pada tingkat keterpaparan, sensitivitas, dan kemampuan suatu masyarakat, lingkungan fisik, maupun ekonomi dalam menghadapi dampak banjir bandang. UNISDR (2015) mendefinisikan kerentanan sebagai kondisi yang ditentukan oleh faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang meningkatkan kemungkinan suatu komunitas mengalami kerugian ketika terpapar bahaya. Dalam konteks banjir bandang, kerentanan bukan hanya menyangkut posisi geografis yang dekat dengan alur sungai, tetapi juga kualitas bangunan, kepadatan penduduk, tingkat pendidikan, akses ekonomi, serta kemampuan adaptasi masyarakat.

Menurut Cutter (2003), kerentanan bencana terdiri dari berbagai dimensi yang saling terkait, seperti kerentanan sosial, ekonomi, lingkungan, dan fisik. Dimensi ini kemudian dijabarkan menjadi variabel dan tolok ukur (indikator) yang digunakan untuk menilai tingkat kerentanan banjir bandang. Sementara itu, BNPB (2012) juga mengelompokkan kerentanan ke dalam tiga kategori utama: kerentanan fisik, kerentanan sosial, dan kerentanan ekonomi. Setiap kategori memiliki indikator yang spesifik dan dapat digunakan untuk mengukur seberapa besar potensi kerugian di daerah rawan banjir bandang. Secara ringkas kerawanan banjir bandang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.2. Variabel Kerawanan Banjir Bandang

Aspek Kerentanan	Pengertian	Contoh variabel
Kerentanan sosial	Kondisi penduduk yang mudah terdampak banjir bandang	kepadatan penduduk, balita, lansia, penyandang disabilitas, ibu hamil, penduduk miskin
Kerentanan fisik	Kondisi bangunan dan infrastruktur yang berpotensi rusak	rumah, jalan, jembatan, sekolah, puskesmas, pasar, fasilitas umum

Aspek Kerentanan	Pengertian	Contoh variabel
Kerentanan ekonomi	Kondisi mata pencaharian dan aset ekonomi yang mudah terganggu	lahan pertanian, ternak, UMKM, pasar, pendapatan, aset produktif
Kerentanan lingkungan	Kondisi lingkungan yang memperbesar dampak banjir bandang	lahan kritis, hutan rusak, erosi, sempadan sungai rusak, tutupan vegetasi rendah

Sumber : BNPB 2012

2.6. Kapasitas Bencana

Dalam kerangka analisis risiko bencana, kapasitas (*capacity*) dipahami sebagai seluruh sumber daya, kemampuan, keterampilan, pengetahuan, dan sistem yang dimiliki oleh individu, komunitas, maupun institusi untuk mengantisipasi, merespons, dan pulih dari bencana. Secara umum, UNDRR mendefinisikan kapasitas sebagai gabungan seluruh kekuatan, atribut, dan sumber daya yang tersedia dalam organisasi, komunitas, atau masyarakat untuk mengelola dan mengurangi risiko bencana serta memperkuat ketangguhan. Kapasitas dapat mencakup infrastruktur, kelembagaan, pengetahuan dan keterampilan manusia, hubungan sosial, kepemimpinan, serta manajemen. Lebih lanjut Menurut UNISDR (2015) dan UNDRR (2019), kapasitas merupakan komponen penting yang dapat mengurangi tingkat kerawanan dan meminimalkan potensi kerugian.

Variabel dalam kapasitas menghadapi banjir bandang adalah kapasitas institusi dan kebijakan, dimana kapasitas institusional adalah kemampuan pemerintah daerah dan lembaga terkait untuk merencanakan, mengoordinasikan, dan mengeksekusi kebijakan mitigasi, tanggap darurat, serta pemulihan pasca-banjir bandang. Tanpa tata kelola, SOP, dan pendanaan yang jelas, respon teknis dan sosial akan terhambat walau teknologi bagus sekalipun.

Secara rinci unsur-unsur kapasitas banjir bandang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.3. Unsur-Unsur Kapasitas Banjir Bandang

Unsur kapasitas	Pengertian	Contoh variabel
Kelembagaan	Kemampuan lembaga pemerintah dan masyarakat dalam mengelola risiko banjir bandang	BPBD, pemerintah distrik/kampung, relawan, forum PRB, Pokja kebencanaan
Sistem peringatan dini	Kemampuan mendeteksi tanda bahaya dan menyampaikan peringatan kepada masyarakat	alat pantau hujan, alat tinggi muka air, sirine, kentongan, HT, grup komunikasi
Evakuasi	Kemampuan memindahkan masyarakat dari zona bahaya ke tempat aman	jalur evakuasi, rambu, titik kumpul, tempat evakuasi sementara
Kesiapsiagaan masyarakat	Pengetahuan dan kesiapan warga sebelum banjir bandang terjadi	sosialisasi, pelatihan, simulasi, pengetahuan tanda-tanda banjir bandang
Infrastruktur mitigasi	Sarana fisik untuk mengurangi dampak banjir bandang	sabo dam, check dam, bronjong, tanggul, drainase, perlindungan sempadan sungai
Respons darurat	Kemampuan menangani kondisi saat dan segera setelah bencana	posko, logistik, tenaga kesehatan, kendaraan evakuasi, peralatan SAR
Pemulihan	Kemampuan memulihkan kehidupan masyarakat setelah bencana	bantuan sosial, dana darurat, rehabilitasi rumah, pemulihan mata pencaharian

Sumber : BNPB 2012

2.7. Mitigasi Risiko Banjir Bandang

Mitigasi risiko banjir bandang adalah serangkaian upaya terencana untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerugian akibat banjir bandang melalui pengurangan bahaya, pengurangan kerawanan, dan peningkatan kapasitas masyarakat serta wilayah dalam menghadapi ancaman banjir bandang.

Dalam konteks kebencanaan Indonesia, mitigasi dipahami sebagai upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun melalui penyadaran dan peningkatan kemampuan masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana, sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.

Sementara itu, BNPB menjelaskan bahwa kajian risiko bencana disusun melalui pengkajian tingkat ancaman/bahaya, kerawanan, kapasitas, tingkat

risiko, dan kebijakan penanggulangan bencana. Oleh karena itu, mitigasi risiko banjir bandang harus diarahkan untuk mengendalikan ketiga komponen utama risiko, yaitu bahaya, kerawanan, dan kapasitas.

JICA menjelaskan bahwa mitigasi banjir bandang perlu dilakukan dengan memahami karakteristik banjir bandang, penyebabnya, serta penyusunan sistem infrastruktur dan tindakan mitigasi di daerah rawan banjir bandang.

Mitigasi risiko banjir bandang adalah upaya pengurangan risiko banjir bandang di Distrik Wasior melalui tindakan struktural dan non-struktural yang bertujuan menurunkan tingkat bahaya, mengurangi kerawanan penduduk dan aset, serta meningkatkan kapasitas masyarakat, pemerintah, dan sistem wilayah dalam menghadapi, merespons, dan memulihkan diri dari banjir bandang.

Mitigasi struktural adalah upaya pengurangan risiko melalui pembangunan fisik atau infrastruktur. Dalam konteks banjir bandang, mitigasi struktural bertujuan mengurangi kecepatan aliran, menahan sedimen, mengendalikan limpasan, dan melindungi kawasan permukiman. Sedangkan mitigasi non struktural adalah upaya pengurangan risiko melalui kebijakan, pengetahuan, kelembagaan, perencanaan, dan pengendalian perilaku masyarakat.

Adapun contoh mitigasi struktural adalah pembangunan sabo dam atau check dam, pembangunan bronjong, penguatan tebing sungai, tanggul lokal, drainase pengendali limpasan, kolam retensi, perlindungan sempadan sungai dan rehabilitasi daerah aliran sungai. Sedangkan contoh mitigasi non struktural adalah pengaturan zonasi berbasis risiko, larangan pembangunan di zona risiko tinggi, penyusunan peta bahaya dan peta risiko, sistem peringatan dini, jalur evakuasi dan titik kumpul, simulasi evakuasi, edukasi masyarakat, pembentukan relawan, rencana kontinjensi dan pelibatan kelompok rentan dalam perencanaan.

2.8. Kerangka Konsep Berpikir

Distrik Wasior merupakan kawasan yang memiliki riwayat bencana banjir bandang, terutama akibat kombinasi faktor alam seperti curah hujan tinggi, kondisi lereng curam, karakteristik sungai, tutupan lahan, serta kondisi geologi dan geomorfologi. Banjir bandang tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik, tetapi juga berdampak pada permukiman, infrastruktur, fasilitas sosial, ekonomi masyarakat, dan kelompok rentan.

Dalam konteks penataan ruang, risiko banjir bandang perlu dipahami tidak hanya sebagai persoalan bahaya alam, tetapi juga sebagai akibat dari ketidaksesuaian pemanfaatan ruang pada kawasan rawan bencana. Permukiman, fasilitas umum, jalan, dan pusat aktivitas yang berada pada zona rawan tinggi akan meningkatkan tingkat risiko. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap hubungan antara tingkat ancaman banjir bandang, kondisi pemanfaatan ruang eksisting, kerentanan sosial, kapasitas masyarakat, dan kebijakan tata ruang yang berlaku.

Penelitian ini berangkat dari pemikiran bahwa pengaturan zonasi dapat menjadi instrumen penting untuk mengendalikan pemanfaatan ruang di kawasan rawan banjir bandang. Melalui pengaturan zonasi, kawasan dapat diarahkan menjadi zona lindung, zona sempadan sungai, zona terbatas, zona budidaya bersyarat, zona relokasi, atau zona pengembangan aman.

Namun, arahan zonasi tidak cukup hanya berbasis aspek fisik-bencana. Zonasi juga harus memperhatikan prinsip inklusivitas, yaitu memastikan bahwa kelompok rentan seperti perempuan, anak-anak, lansia, penyandang disabilitas, masyarakat berpenghasilan rendah, dan masyarakat adat memiliki akses terhadap hunian aman, jalur evakuasi, fasilitas dasar, serta ruang penghidupan. Selain itu, zonasi juga perlu adaptif terhadap perubahan iklim karena peningkatan curah hujan ekstrem dapat memperbesar risiko banjir bandang pada masa depan.

Dengan demikian, kerangka berpikir penelitian ini adalah bahwa analisis risiko banjir bandang yang dikombinasikan dengan evaluasi pemanfaatan ruang, prinsip inklusivitas, dan adaptasi iklim akan

menghasilkan arahan pengaturan zonasi yang lebih aman, adil, dan berkelanjutan bagi Distrik Wasior.

2.9. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu sebagaimana di tampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Fokus dan Metode	Hasil Utama	Relevansi dengan penelitian ini
1	Panoto et al. (2020)	Pemetaan kerawanan banjir bandang Kecamatan Dau, Kabupaten Malang menggunakan AHP dan SIG.	<u>Menghasilkan lima kelas kerawanan, dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Wilayah dengan kerawanan sangat tinggi terutama terdapat di Desa Kucur dan berkaitan erat dengan kedekatan terhadap sungai. (Unihaz Journals)</u>	Penelitian Panoto et al. relevan dengan penelitian ini terutama dari aspek metode penentuan tingkat kerawanan. Penggunaan AHP memberikan dasar metodologis dalam menentukan bobot relatif setiap parameter penyebab atau pengontrol banjir bandang. Hal tersebut dapat menjadi acuan dalam menentukan tingkat kepentingan parameter seperti kemiringan lereng, penggunaan lahan, kondisi fisik wilayah, dan kedekatan terhadap jaringan sungai pada Distrik Wasior.
2	Baran-Zgłobicka, Godziszewska, & Zgłobicki (2021)	Mengkaji hubungan risiko banjir bandang dengan perencanaan spasial lokal di Lublin Upland, Polandia menggunakan GIS dan analisis dokumen rencana ruang.	<u>Sekitar 30% wilayah studi berada pada DAS yang rentan terhadap banjir bandang, tetapi ancaman tersebut umumnya belum diakomodasi secara memadai dalam dokumen perencanaan lokal. (MDPI)</u>	Penelitian tersebut memiliki relevansi yang sangat penting terhadap tesis ini karena memberikan dasar bahwa informasi kerawanan bencana seharusnya diintegrasikan dengan proses penataan ruang. Peta kerawanan tidak cukup hanya digunakan sebagai informasi kebencanaan, tetapi perlu diterjemahkan ke dalam kebijakan mengenai lokasi pembangunan dan pemanfaatan ruang.

3	Hidayah, Widiarti, & Ammarulsyah (2022)	Zonasi kerawanan banjir bandang Sub-DAS Kaliputih, Jember menggunakan SIG dan Weights of Evidence (WoE). Parameter meliputi lereng, penggunaan lahan, kerapatan jaringan sungai, jenis tanah, dan NDVI.	<u>Menghasilkan enam tingkat kerawanan dengan AUC 80%. Sebanyak 12,25% wilayah termasuk sangat tinggi dan 14,58% termasuk tinggi. (DOAJ)</u>	Relevansi penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan multivariat dan spasial untuk membentuk zonasi kerawanan. Penelitian Hidayah et al. menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir bandang merupakan hasil interaksi berbagai karakteristik fisik, bukan ditentukan oleh satu faktor saja
4	Mamengko et al. (2022)	Analisis ancaman banjir bandang Sungai Sanduai dan Anggris, Distrik Wasior, menggunakan AHP dan analisis spasial.	<u>Banjir bandang Wasior dikategorikan sebagai debris flow. Penelitian menghasilkan kelas ancaman rendah, sedang, dan tinggi; zona tinggi beririsan dengan permukiman, infrastruktur dan bantaran sungai. (ResearchGate)</u>	Relevansi penelitian Mamengko et al. terhadap penelitian ini bersifat fundamental, karena memberikan dasar empiris mengenai karakteristik banjir bandang di lokasi penelitian. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa Distrik Wasior memiliki kawasan yang secara nyata mempunyai tingkat ancaman tinggi dan telah beririsan dengan fungsi ruang yang digunakan masyarakat.
5	Taherizadeh et al. (2023)	Zonasi risiko banjir bandang Provinsi Golestan, Iran dengan integrasi GIS, DEMATEL, ANP, penginderaan jauh, dan expert judgement menggunakan 14 kriteria.	<u>Topografi menjadi faktor dominan, diikuti kondisi permukaan dan vegetasi. Sebanyak 68 desa dengan sekitar 83.595 penduduk teridentifikasi berada dalam area berisiko. Studi menekankan manfaat pemetaan untuk perencanaan dan mitigasi. (Springer)</u>	Penelitian Taherizadeh et al. relevan terutama dalam menunjukkan pentingnya pendekatan multikriteria dalam analisis kerawanan dan risiko banjir bandang. Kondisi banjir bandang merupakan hasil interaksi banyak faktor sehingga diperlukan metode yang mampu menentukan tingkat kepentingan relatif setiap variabel

6	Suryadi, Asdak, & Kendarto (2024)	Analisis kerawanan banjir bandang Sub-DAS Cipeles menggunakan Flash Flood Potential Index (FFPI) dengan parameter lereng, Curve Number, API, gerakan tanah, dan litologi.	<u>Menghasilkan peta tingkat kerawanan sebagai dasar mitigasi banjir bandang. (Jurnal Universitas Padjadjaran)</u>	Relevansi penelitian Suryadi et al. terhadap penelitian ini terdapat pada penjelasan mengenai hubungan antara proses hidrologi, topografi, litologi, dan gerakan tanah dalam pembentukan banjir bandang. Hal tersebut sangat relevan terhadap karakteristik Wasior yang memiliki keterkaitan antara lereng, gerakan tanah di daerah hulu, serta material rombakan yang bergerak melalui sistem sungai.
7	Gawrysiak, Baran-Zgłobicka, & Zgłobicki (2024)	Menganalisis hubungan antara flash flood hazard, jaringan permukiman, dan land-use planning di Lublin Upland, Polandia. Lebih dari 12.000 DAS kecil dianalisis dan dokumen perencanaan lokal dievaluasi.	<u>Sekitar 10–20% bangunan pada wilayah studi berada pada jalur limpasan episodik dan sekitar 900 sub-DAS tergolong sangat rentan/tinggi. Studi menemukan bahwa informasi banjir bandang belum sepenuhnya diintegrasikan dalam proses pengelolaan ruang. (MDPI)</u>	Penelitian ini memiliki relevansi sangat tinggi karena tidak hanya membahas kondisi alamiah kerawanan, tetapi juga menghubungkan hasil analisis dengan lokasi bangunan dan pola pemanfaatan ruang
8	Hidayah et al. (2026)	Prediksi <i>flash flood susceptibility</i> pada delapan DAS kecil di Jawa Timur menggunakan Random Forest, inventaris kejadian 2012–2022, perubahan penggunaan lahan 2001–2020, DEM, jaringan sungai dan citra satelit.	<u>Model memperoleh akurasi ROC sekitar 0,96–0,99. Faktor utama adalah perubahan tutupan lahan, kemiringan lereng, kerapatan sungai, dan TPI. Penelitian merekomendasikan integrasi perencanaan penggunaan lahan, pengelolaan DAS, dan adaptasi masyarakat. (Wydawnictwo PAN)</u>	Penelitian ini relevan karena menunjukkan bahwa penggunaan lahan bukan hanya unsur yang terpapar banjir bandang, tetapi juga dapat menjadi faktor yang memengaruhi perubahan tingkat kerawanan. Perubahan tutupan lahan dapat memodifikasi kemampuan infiltrasi, limpasan, dan respons hidrologis suatu DAS

Sumber : hasil analisis

Berdasarkan telaah terhadap penelitian terdahulu, diketahui bahwa kajian banjir bandang telah berkembang dalam berbagai pendekatan, terutama melalui pemanfaatan Sistem Informasi Geografis, AHP, WoE, FFPI, MCDM, hingga machine learning untuk mengidentifikasi dan memetakan tingkat kerawanan. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih

menempatkan peta kerawanan sebagai keluaran utama dan belum menerjemahkannya secara operasional ke dalam instrumen pengendalian pemanfaatan ruang. Studi yang menghubungkan banjir bandang dengan perencanaan spasial juga menunjukkan masih terdapat kesenjangan antara informasi kebencanaan dengan implementasinya dalam dokumen dan praktik penataan ruang.

Kesenjangan tersebut juga ditemukan pada konteks Distrik Wasior. Mamengko et al. (2022) telah berhasil mengidentifikasi tingkat ancaman banjir bandang pada Sungai Sanduai dan Anggris menggunakan AHP dan analisis spasial, serta menemukan adanya kawasan permukiman dan infrastruktur yang beririsan dengan zona ancaman tinggi. Namun kajian tersebut belum mengevaluasi kesesuaian antara tingkat kerawanan, pemanfaatan ruang eksisting dan rencana pola ruang, serta belum menghasilkan arahan pengaturan zonasi berdasarkan kebutuhan mitigasi.

Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan analisis kerawanan banjir bandang, pemanfaatan ruang eksisting, rencana pola ruang, dan kebutuhan mitigasi sebagai dasar perumusan arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior. Hasil penelitian tidak hanya berupa peta tingkat kerawanan, tetapi diarahkan pada penentuan perlakuan ruang berupa kegiatan yang diizinkan, diizinkan secara terbatas, diizinkan dengan persyaratan mitigasi, atau tidak diizinkan pada masing-masing zona. Dengan demikian, kontribusi penelitian terletak pada transformasi informasi kebencanaan menjadi instrumen perencanaan dan pengendalian pemanfaatan ruang yang lebih operasional.

2.10. Landasan Penelitian dan Perumusan Variabel

Penelitian “Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang” dibangun berdasarkan keterkaitan antara konsep kerawanan banjir bandang, karakteristik fisik wilayah, pemanfaatan ruang, mitigasi bencana, dan pengendalian pemanfaatan ruang. Landasan tersebut digunakan untuk menentukan variabel yang akan dianalisis serta membangun

hubungan antara hasil pemetaan kerawanan dengan arahan pengaturan zonasi.

Secara konseptual, penelitian berangkat dari pemahaman bahwa banjir bandang merupakan fenomena yang terbentuk melalui interaksi antara faktor pemicu dan faktor pengondisi wilayah. UNDRR menjelaskan bahwa banjir bandang memiliki karakter debit puncak yang relatif tinggi dalam durasi pendek dan dipengaruhi oleh faktor seperti intensitas dan distribusi hujan, topografi, penggunaan lahan, vegetasi, kondisi tanah, serta kadar air tanah. Topografi yang curam dapat mengonsentrasikan limpasan menuju jaringan sungai secara cepat sehingga meningkatkan kemungkinan terbentuknya banjir bandang.

Dengan demikian, tingkat kerawanan banjir bandang tidak ditentukan oleh satu faktor, tetapi merupakan hasil interaksi beberapa karakteristik fisik dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut dapat direpresentasikan secara spasial dan dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis untuk menentukan perbedaan tingkat kerawanan antarbagian wilayah.

Landasan empiris utama penelitian ini berasal dari penelitian Mamengko et al. (2022) karena dilakukan secara langsung pada Sungai Sanduai dan Sungai Anggris di Distrik Wasior. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa banjir bandang Wasior memiliki karakter debris flow atau aliran rombakan yang dipicu oleh curah hujan tinggi serta dipengaruhi kondisi lereng ekstrem, struktur geologi, jenis batuan, dan peningkatan limpasan permukaan. Dalam pemetaan ancaman, penelitian tersebut menggunakan informasi bentuk lahan, litologi, sesar, kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, jarak dari sungai, serta titik ancaman gerakan tanah.

Hasil penelitian Mamengko et al. juga menunjukkan adanya tiga kelas ancaman banjir bandang di Wasior. Zona ancaman tinggi ditemukan pada kawasan permukiman, infrastruktur, serta bantaran Sungai Sanduai dan Sungai Anggris. Kondisi tersebut menjadi landasan penting bagi penelitian ini karena menunjukkan bahwa persoalan banjir bandang di Wasior tidak

hanya berkaitan dengan karakteristik fisik wilayah, tetapi telah berinteraksi dengan penggunaan dan pemanfaatan ruang.

Penelitian lain memperkuat penggunaan pendekatan multikriteria dalam penentuan kerawanan banjir bandang. Suryadi, Asdak, dan Kendarto (2024), misalnya, menggunakan metode Flash Flood Potential Index dengan lima faktor berupa kemiringan lereng, Curve Number (CN), Antecedent Precipitation Index (API), potensi gerakan tanah, dan litologi. Temuan tersebut memperlihatkan pentingnya menggabungkan kondisi topografi, hidrologi, penggunaan/tutupan lahan, geologi, dan gerakan tanah dalam penilaian potensi banjir bandang.

Hidayah, Widiarti, dan Ammarulsyah (2022) juga menunjukkan bahwa zonasi kerawanan banjir bandang dapat dibangun melalui kombinasi beberapa parameter fisik menggunakan Sistem Informasi Geografis. Penelitian tersebut menggunakan parameter kemiringan lereng, penggunaan lahan, kerapatan jaringan sungai, jenis tanah, dan NDVI untuk menghasilkan zonasi tingkat kerawanan.

Berdasarkan kajian tersebut dapat dipahami bahwa terdapat variasi parameter yang digunakan dalam setiap penelitian. Perbedaan tersebut terjadi karena karakteristik fisik wilayah, ketersediaan data, skala analisis, dan metode yang digunakan tidak selalu sama. Oleh karena itu, pemilihan variabel dalam penelitian Distrik Wasior tidak semata-mata mengikuti seluruh parameter dari penelitian terdahulu, tetapi mempertimbangkan relevansi terhadap karakteristik lokal Wasior, dukungan teoritis, ketersediaan data spasial, dan potensi terjadinya penghitungan ganda (double counting) antarvariabel.

Selain aspek kerawanan, penelitian ini juga berlandaskan pada konsep bahwa informasi kebencanaan perlu diterjemahkan ke dalam kebijakan pemanfaatan ruang. UNDRR menempatkan perencanaan penggunaan lahan, peraturan bangunan, pengelolaan tanah, sistem peringatan, relokasi, perlindungan bangunan, serta pekerjaan rekayasa sebagai bagian dari alternatif pengurangan dampak banjir bandang. Dalam konteks perencanaan,

integrasi informasi bahaya dan risiko ke dalam regulasi zonasi merupakan salah satu langkah untuk mengurangi keterpaparan masyarakat dan aset.

Kajian terbaru UNDRR juga menunjukkan masih adanya kesenjangan antara tersedianya informasi risiko banjir dengan penerapannya secara konsisten dalam rencana spasial, regulasi zonasi, dan proses perizinan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan perkembangan baru tetap berlangsung pada dataran banjir dan koridor sungai sehingga keterpaparan terus bertambah.

Landasan tersebut sangat relevan dengan penelitian Distrik Wasior. Peta kerawanan dalam penelitian ini tidak ditempatkan sebagai produk akhir, tetapi digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi penggunaan lahan eksisting dan rencana pola ruang. Hasil evaluasi kemudian digunakan untuk menentukan kebutuhan mitigasi dan selanjutnya dirumuskan menjadi arahan pengaturan zonasi.

Dengan demikian, landasan penelitian dibangun melalui empat komponen utama, yaitu :

1. landasan fisik dan hidro-geomorfologi, yang menjelaskan faktor pembentuk kerawanan banjir bandang;
2. landasan spasial, yang menjelaskan distribusi tingkat kerawanan dan pemanfaatan ruang;
3. landasan mitigasi bencana, yang menjelaskan kebutuhan pengurangan keterpaparan dan pengendalian risiko; dan
4. landasan penataan ruang, yang menerjemahkan kondisi kerawanan dan kebutuhan mitigasi menjadi arahan pemanfaatan dan pengendalian ruang.

Bab III.

Metode Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian “Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior Melalui Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang” merupakan penelitian terapan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan analisis spasial. Penelitian terapan dipilih karena penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menjelaskan kondisi kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis berupa arahan pengaturan zonasi yang dapat digunakan sebagai masukan dalam pengendalian pemanfaatan ruang dan mitigasi bencana.

Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan untuk menggambarkan kondisi wilayah penelitian secara terukur berdasarkan variabel-variabel yang memengaruhi kerawanan banjir bandang. Variabel tersebut antara lain meliputi curah hujan, kemiringan lereng, elevasi, bentuk lahan, kondisi geologi atau litologi, penggunaan lahan, jarak terhadap sungai, serta parameter fisik lain yang relevan. Setiap parameter dianalisis dan diberi nilai atau skor berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap potensi terjadinya banjir bandang, sehingga dapat diperoleh klasifikasi tingkat kerawanan wilayah.

Penelitian ini juga menggunakan pendekatan spasial (*spatial approach*) dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan spasial digunakan karena fenomena banjir bandang mempunyai karakteristik keruangan, baik dari aspek lokasi sumber ancaman, jalur aliran, maupun wilayah yang berpotensi terdampak. Melalui analisis SIG, setiap parameter kerawanan direpresentasikan dalam bentuk peta tematik yang selanjutnya diintegrasikan melalui proses pembobotan, skoring, reklasifikasi, dan overlay untuk menghasilkan peta tingkat kerawanan banjir bandang.

Dalam penentuan tingkat kepentingan masing-masing parameter, penelitian dapat menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Metode ini digunakan untuk menentukan bobot setiap parameter berdasarkan tingkat pengaruh relatif terhadap kejadian banjir bandang. Pembobotan dapat

diperoleh melalui kajian literatur, penelitian terdahulu, dan penilaian para ahli (expert judgement) yang memahami karakteristik wilayah, kebencanaan, hidrologi, geologi, dan penataan ruang. Hasil pembobotan kemudian diintegrasikan dengan nilai masing-masing parameter dalam SIG untuk menghasilkan indeks kerawanan banjir bandang.

Berdasarkan indeks tersebut, wilayah penelitian selanjutnya diklasifikasikan ke dalam tingkat kerawanan rendah, sedang, dan tinggi. Hasil zonasi kerawanan kemudian dianalisis dengan kondisi penggunaan lahan eksisting, kawasan permukiman, infrastruktur, jaringan jalan, fasilitas pelayanan, serta rencana pola ruang. Analisis dilakukan melalui teknik overlay untuk mengetahui hubungan antara tingkat kerawanan dengan pemanfaatan ruang yang telah berkembang maupun yang direncanakan.

Selain bersifat deskriptif, penelitian ini juga memiliki unsur evaluatif, karena dilakukan penilaian terhadap kesesuaian pemanfaatan ruang dengan tingkat kerawanan banjir bandang. Evaluasi tersebut bertujuan mengidentifikasi kawasan yang relatif sesuai untuk dikembangkan, kawasan yang memerlukan pembatasan atau persyaratan mitigasi tertentu, serta kawasan yang perlu memperoleh pengendalian pemanfaatan ruang secara lebih ketat.

Tahap akhir penelitian bersifat preskriptif, yaitu merumuskan arahan pengaturan zonasi berdasarkan hasil analisis kerawanan, kondisi pemanfaatan ruang, kesesuaian pola ruang, dan kebutuhan mitigasi. Arahan tersebut dapat berupa kegiatan yang diperbolehkan, diperbolehkan secara terbatas, diperbolehkan dengan persyaratan tertentu, maupun kegiatan yang tidak diperbolehkan pada masing-masing zona.

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama Mei – Juni 2026 di Distrik Wasior, Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada data Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Teluk Wondama (2023) yang menunjukkan bahwa Wasior merupakan salah satu daerah dengan tingkat kejadian banjir tertinggi di wilayah Kabupaten

Teluk Wondama Provinsi Papua Barat akibat kombinasi faktor hidrologi dan kondisi topografi rendah.

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh wilayah administratif Distrik Wasior yang mencakup 1 (satu) kelurahan dan 9 (sembilan) kampung dengan luas 210,73 Km² yang berpotensi mengalami bencana banjir bandang. Sampel penelitian berupa wilayah rawan banjir yaitu Kampung Moru, Kampung Wasior II, Kelurahan Wasior dan Kampung Maniwak yang ditentukan dengan metode purposive sampling, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan karakteristik wilayah yang relevan dengan objek penelitian (Sugiyono, 2019).

3.4. Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data utama, yaitu data primer dan data sekunder. Kedua jenis data ini dikombinasikan untuk memperoleh hasil analisis spasial yang akurat dan komprehensif.

3.4.1. Sumber Data

Sumber data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bersumber dari lapangan atau bersumber dari kawasan yang akan diteliti yaitu dengan cara melakukan observasi lapangan, pengukuran dan wawancara. Selain itu, sumber data yang digunakan adalah bersumber dari beberapa data-data yang tersedia pada beberapa organisasi perangkat daerah dan juga beberapa data yang berasal dari dokumen-dokumen yang terkait dengan kebencanaan secara khusus banjir bandang di Wasior dan dokumen rencana tata ruang.

3.4.2 Jenis Data

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan melalui pengamatan, pengukuran, dan wawancara

terhadap responden atau pihak terkait. Data ini digunakan untuk memverifikasi hasil analisis spasial dan memperkuat interpretasi terhadap kondisi nyata di lapangan.

Data-data primer ini berupa koordinat lokasi banjir, data kondisi sungai, data kesiapsiagaan dan data sosial ekonomi masyarakat pada kawasan rawan bencana banjir bandang.

Data kesiapsiagaan menggambarkan sejauh mana pemerintah dan masyarakat siap menghadapi ancaman banjir bandang sebelum bencana itu terjadi. Data ini terdiri dari data kesiapsiagaan infrastruktur, kesiapsiagaan kelembagaan dan kesiapsiagaan masyarakat.

Data kesiapsiagaan infrastruktur data yang memiliki koordinat dan dapat dipetakan dalam GIS, seperti sistem peringatan dini, jalur evakuasi, titik kumpul dan bangunan pengendali banjir.

Data kesiapsiagaan kelembagaan data ini berupa tersedianya dokumen rencana kontijensi, peta rawan bencana dan ketersediaan logistik.

Dan data kesiapsiagaan masyarakat adalah data berupa tingkat pengetahuan tentang tanda-tanda alam sebelum banjir, frekuensi simulasi/gladi di lapangan dan kearifan lokal berupa pengetahuan masyarakat dalam membaca fenomena alam.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia dan diperoleh dari berbagai lembaga pemerintah maupun sumber pustaka. Data ini digunakan untuk analisis spasial, pembobotan variabel, serta penyusunan peta bahaya, kerawanan, dan kapasitas.

Data-data sekunder ini berupa peta digital elevation model (DEM), peta Daerah Aliran Sungai (DAS), peta penggunaan lahan, data curah hujan, data kependudukan, data infrastruktur dan fasilitas umum serta data historis kejadian banjir bandang.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Menurut Sugiyono (2019), metode pengumpulan data adalah cara-cara yang digunakan peneliti untuk memperoleh data empiris yang diperlukan dalam menjawab rumusan masalah penelitian. Lebih jauh menurut Sugiyono (2019), pemilihan metode yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa data yang diperoleh relevan dan dapat diandalkan. Sehingga dalam penelitian ini cara pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Observasi lapangan/survey

Menurut Moleong (2018), observasi langsung memberikan keunggulan dalam memperoleh data kontekstual dan aktual yang sulit diperoleh melalui metode lain. Observasi dilakukan pada beberapa areal strategis di Distrik Wasior berdasarkan peta potensi banjir dari Badan Penanggulangan Banjir Daerah Kabupaten Teluk Wondama.

Observasi dilakukan untuk memperoleh data empiris mengenai kondisi topografi, sistem drainase, penutupan lahan, dan titik-titik genangan banjir. Kegiatan observasi ini meliputi identifikasi lokasi rawan banjir menggunakan alat GPS, drone, dan kamera digital, pencatatan elevasi dan kemiringan lahan menggunakan aplikasi GIS mobile, dan dokumentasi visual terhadap kondisi aliran sungai, dan permukiman terdampak banjir.

2. Studi dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR)

Studi dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) merupakan salah satu metode analisis dalam penelitian perencanaan wilayah yang dilakukan dengan cara menelaah, mengkaji, dan mengevaluasi dokumen resmi perencanaan tata ruang yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Studi ini bertujuan untuk memahami kebijakan, struktur ruang, pola ruang, serta arahan pemanfaatan ruang yang berlaku dalam suatu wilayah.

Dalam konteks penelitian, studi dokumen RTRW dan RDTR dilakukan dengan cara menganalisis kesesuaian antara rencana tata ruang dengan kondisi eksisting wilayah, termasuk tingkat kerawanan bencana seperti

banjir bandang. Melalui studi ini, peneliti dapat mengidentifikasi apakah kawasan rawan bencana telah dialokasikan sebagai kawasan lindung atau masih dimanfaatkan sebagai kawasan budidaya. Selain itu, studi dokumen juga membantu dalam mengevaluasi sejauh mana aspek mitigasi bencana, inklusivitas, dan adaptasi perubahan iklim telah diintegrasikan dalam kebijakan tata ruang.

Dengan demikian, studi dokumen RTRW dan RDTR tidak hanya berfungsi sebagai kajian administratif, tetapi juga sebagai alat analisis kritis untuk menilai efektivitas perencanaan tata ruang dalam mendukung pembangunan wilayah yang aman, inklusif, dan berkelanjutan. Hasil dari studi ini menjadi dasar dalam merumuskan arahan pengaturan zonasi yang lebih responsif terhadap risiko bencana dan dinamika lingkungan.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur kepada informan kunci. Informan penelitian meliputi, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Teluk Wondama, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Teluk Wondama, Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kabupaten Teluk Wondama, Tokoh masyarakat/adat, Masyarakat terdampak.

3.6. Instrumen Penelitian

Menurut Sugiyono (2019), instrumen penelitian adalah alat ukur yang digunakan untuk mengamati, mencatat, dan menginterpretasikan fenomena yang diteliti secara sistematis. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan jenis data yang dibutuhkan, baik data primer maupun data sekunder. Instrumen penelitian dalam kajian ini meliputi kuesioner, , observasi lapangan.

Observasi lapangan digunakan untuk mengamati secara langsung kondisi fisik wilayah penelitian, seperti ketinggian lahan, penggunaan lahan, drainase, debit sungai, dan kawasan genangan banjir. Observasi dilakukan menggunakan alat bantu geospasial seperti GPS handheld, kamera digital, dan drone.

3.7. Metode Analisis Data

Adapun metode analisis data dilakukan secara bertahap mulai dari analisis kerawanan, kerawanan, kapasitas, risiko, mitigasi, hingga penyusunan arahan pengaturan zonasi.

3.7.1 Analisis Kerawanan Banjir Bandang

Banjir bandang (flash flood) merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang berkembang sangat cepat akibat kombinasi curah hujan ekstrem, kondisi topografi, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), dan kemampuan lahan dalam mengalirkan maupun mengakumulasi limpasan permukaan. Berbeda dengan banjir sungai biasa yang berkembang secara bertahap, banjir bandang memiliki kecepatan aliran tinggi, membawa material sedimen maupun kayu, serta menimbulkan kerusakan yang sangat besar terutama pada kawasan lembah dan koridor sungai.

Kejadian banjir bandang Wasior tahun 2010 menunjukkan bahwa faktor topografi dan karakteristik hidrologi DAS memiliki pengaruh yang sangat dominan dibandingkan faktor penggunaan lahan semata. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan Geographic Information System–Multi Criteria Decision Analysis (GIS–MCDA) dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menyusun Flash Flood Hazard Index (FFHI) sebagai indeks kerawanan bahaya banjir bandang.

Model FFHI dibangun berdasarkan enam parameter fisik yang mewakili proses pembentukan banjir bandang, yaitu Flow Accumulation (FA), Topographic Wetness Index (TWI), Stream Power Index (SPI), Curah Hujan (CH), Buffer Sungai (BS), dan Penutup Lahan (PL). Keenam parameter tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan proses hidrologi mulai dari pembentukan limpasan, konsentrasi aliran, energi aliran, akumulasi air, hingga tingkat paparan wilayah terhadap banjir bandang.

Model yang dihasilkan bersifat hazard susceptibility, yaitu menggambarkan tingkat kerawanan suatu lokasi berdasarkan karakteristik fisik wilayah, sehingga belum memasukkan aspek paparan sosial maupun kerawanan penduduk sebagaimana pada pemetaan risiko bencana.

Tabel 3.1 Pembobotan Parameter

No	Parameter	Bobot	Fungsi dalam Model
1	Flow Accumulation (FA)	25%	Faktor dominan yang menunjukkan jalur konsentrasi limpasan menuju sungai utama.
2	Topographic Wetness Index (TWI)	20%	Menggambarkan potensi akumulasi air dan kejenuhan tanah pada lembah dan kaki lereng.
3	Stream Power Index (SPI)	20%	Mewakili energi aliran yang berperan dalam pembentukan banjir bandang dan transport sedimen.
4	Distance to River	10%	Menunjukkan tingkat kedekatan terhadap koridor sungai yang menjadi jalur utama banjir bandang.
5	Curah Hujan	15%	Berfungsi sebagai faktor pemicu utama terjadinya banjir bandang.
6	Penggunaan Lahan	10%	Mengontrol infiltrasi dan besarnya limpasan permukaan.

Sumber : Hasil Analisis

3.7.2. Analisis Overlay Spasial

Analisis overlay spasial dilakukan untuk menggabungkan beberapa peta tematik. Overlay digunakan pada beberapa tahap, yaitu :

1. Overlay variabel kerawanan untuk menghasilkan peta kerawanan.
2. Overlay peta kerawanan dengan penggunaan lahan eksisting.
3. Overlay peta kerawanan dengan pola ruang atau rencana tata ruang.
4. Overlay peta kerawanan dengan lokasi fasilitas umum dan permukiman.

Hasil overlay digunakan untuk mengidentifikasi permukiman yang berada pada risiko tinggi, fasilitas umum yang berada pada risiko tinggi, sempadan sungai yang dimanfaatkan sebagai permukiman, kawasan hulu yang rusak, dan jalur evakuasi yang melewati zona bahaya.

3.7.3. Analisis Mitigasi Risiko Banjir Bandang

Analisis mitigasi kerawanan banjir bandang dalam penelitian ini dilakukan untuk menentukan bentuk penanganan dan pengendalian pemanfaatan ruang yang sesuai dengan tingkat kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior. Analisis ini merupakan tahapan lanjutan setelah diperoleh peta tingkat kerawanan banjir bandang dan hasil analisis kesesuaian antara kerawanan dengan pemanfaatan ruang eksisting serta rencana pola ruang.

Mitigasi pada dasarnya merupakan upaya untuk mengurangi atau meminimalkan dampak merugikan dari suatu kejadian berbahaya. UNDRR menjelaskan bahwa mitigasi dapat dilakukan melalui tindakan struktural maupun nonstruktural, termasuk teknik rekayasa, konstruksi tahan bahaya, kebijakan lingkungan dan sosial, serta peningkatan kesadaran masyarakat. Dalam konteks banjir bandang, pengurangan keterpaparan masyarakat terhadap jalur banjir merupakan salah satu komponen penting mitigasi. Perencanaan penggunaan lahan, ketentuan bangunan, pengelolaan tanah, sistem peringatan, informasi publik, maupun pekerjaan rekayasa sungai merupakan beberapa alternatif tindakan yang dapat digunakan.

Mitigasi juga merupakan bagian dari penyelenggaraan penanggulangan bencana sebagaimana kerangka Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, yang mengatur penyelenggaraan penanggulangan bencana pada tahap prabencana, tanggap darurat, dan pascabencana. Sementara itu, dalam bidang tata ruang, PP Nomor 21 Tahun 2021 mengatur perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, pengendalian pemanfaatan ruang, pengawasan, dan pembinaan penataan ruang. Oleh karena itu, mitigasi banjir bandang dalam penelitian ini diarahkan terutama pada mitigasi berbasis ruang, yaitu pengurangan potensi dampak bencana melalui pengaturan, pembatasan, perlindungan, dan pengendalian pemanfaatan ruang.

Pendekatan tersebut sesuai dengan karakteristik banjir bandang di Distrik Wasior. Penelitian Mamengko et al. menunjukkan bahwa banjir bandang Wasior memiliki karakter aliran rombakan (debris flow) yang berkaitan dengan curah hujan tinggi, kondisi lereng ekstrem, struktur geologi, jenis batuan, serta peningkatan limpasan permukaan. Penelitian tersebut juga menemukan zona ancaman tinggi pada sebagian kawasan permukiman, infrastruktur, serta bantaran Sungai Sanduai dan Sungai Anggris. Dengan kondisi tersebut, mitigasi tidak hanya diarahkan pada pengendalian aliran, tetapi juga perlu mengendalikan perkembangan pemanfaatan ruang pada lokasi yang memiliki tingkat kerawanan tinggi.

3.7.4. Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Ruang

Analisis kesesuaian pemanfaatan ruang dilakukan dengan membandingkan peta kerawanan banjir bandang dengan peta penggunaan lahan eksisting dan peta rencana pola ruang. Dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan tingkat risiko bencana.

Hasil analisis ini menjadi dasar untuk menentukan zona yang perlu dikendalikan, dibatasi, dipertahankan, atau diarahkan untuk pengembangan.

3.7.5. Analisis Arah Pengaturan Zonasi

Tahap akhir penelitian adalah menyusun arahan pengaturan zonasi berdasarkan hasil analisis kerawanan banjir bandang dan overlay kesesuaian pemanfaatan ruang di Distrik Wasior. Arahan zonasi disusun berdasarkan klas kerawanan banjir bandang.

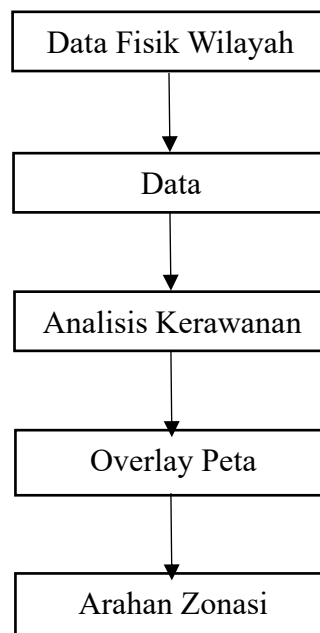
3.8. Alur Pengolahan Data

Alur penelitian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah dan penentuan lokasi penelitian.

2. Studi literatur tentang banjir bandang, risiko bencana, mitigasi, zonasi, inklusivitas, dan adaptasi iklim.
3. Pengumpulan data primer dan sekunder.
4. Analisis bahaya banjir bandang.
5. Analisis kerawanan.
6. Analisis kapasitas.
7. Perhitungan risiko banjir bandang.
8. Overlay risiko dengan penggunaan lahan dan pola ruang.
9. Analisis mitigasi risiko banjir bandang.
10. Analisis tata ruang inklusif.
11. Analisis tata ruang adaptif iklim.
12. Penyusunan arahan pengaturan zonasi.
13. Validasi hasil analisis.
14. Penyusunan kesimpulan dan rekomendasi.

Secara sederhana, alur penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alur Penelitian

Bab IV.

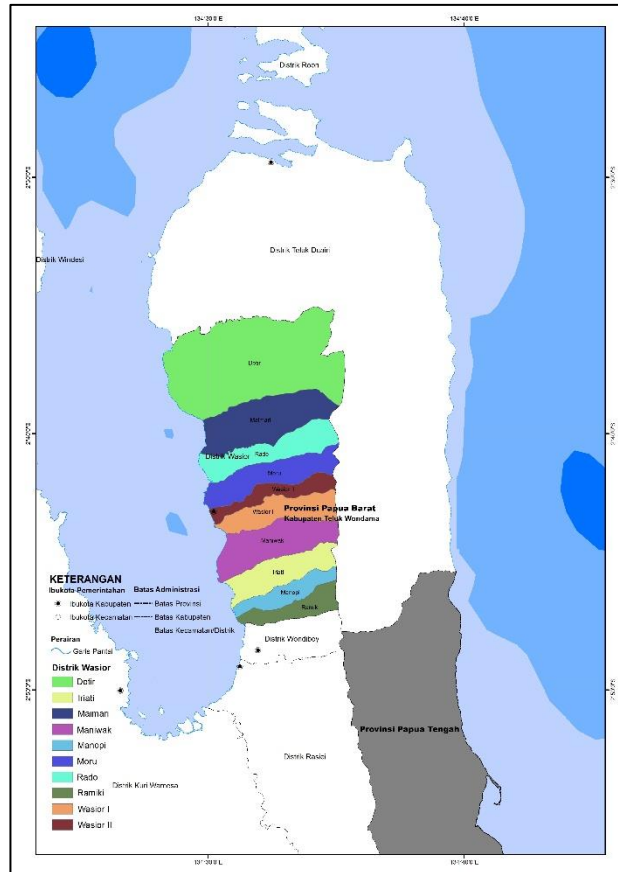
Hasil Penelitian Dan Pembahasan

4.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Distrik Wasior merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. Dalam sistem pemerintahan di wilayah Papua, istilah distrik memiliki kedudukan yang setara dengan kecamatan dan berfungsi sebagai wilayah kerja kepala distrik dalam penyelenggaraan pemerintahan, pelayanan publik, dan pembangunan wilayah. Distrik Wasior memiliki peran strategis karena menjadi bagian dari pusat kegiatan pelayanan, perdagangan, permukiman, serta jaringan transportasi Kabupaten Teluk Wondama.

Secara administratif, wilayah penelitian berbatasan dengan Distrik Teluk Duairi di sebelah utara, Distrik Wondiboi di sebelah selatan, Distrik Teluk Duairi di sebelah timur, dan Taman Nasional Teluk Cenderawasih (TNTC) di sebelah barat. Luas wilayah Distrik Wasior berdasarkan data Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Teluk Wondama adalah sekitar 21.085,33 hektare atau 210.853.300 kilometer persegi, yang terdiri atas 9 (Sembilan) kampung dan 1 (satu) kelurahan.

Letak Distrik Wasior yang berada di antara wilayah perbukitan atau pegunungan dan kawasan pesisir membentuk karakter ruang yang kompleks. Kawasan terbangun berkembang terutama pada dataran rendah dan koridor jalan utama, sementara bagian timur didominasi oleh lereng, hutan, jaringan sungai, dan daerah tangkapan air. Kondisi tersebut memberikan keuntungan berupa kedekatan terhadap sumber daya alam dan akses pesisir, tetapi pada saat yang sama menimbulkan ancaman banjir bandang, longsor, erosi, sedimentasi, dan genangan.



Gambar 4.1. Peta Distrik Wasior

4.2. Kondisi Fisik Dasar

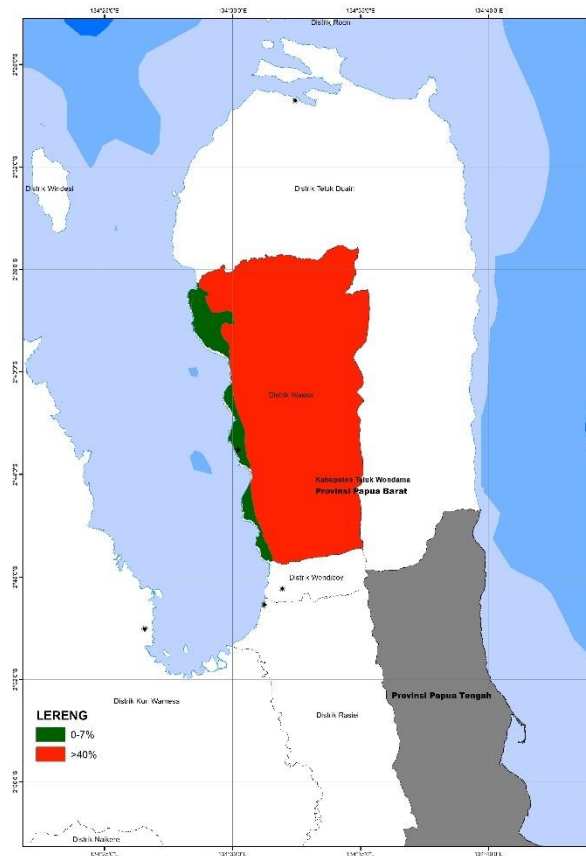
Kondisi fisik Distrik Wasior dianalisis berdasarkan aspek topografi, kemiringan lereng, elevasi, geologi, jenis tanah, curah hujan, tutupan lahan, dan sistem hidrologi. Unsur-unsur tersebut menentukan kemampuan lahan sekaligus tingkat kerawanan wilayah terhadap banjir bandang.

Berdasarkan hasil pengolahan Digital Elevation Model, elevasi wilayah penelitian berkisar antara 15 mdpl sampai 1.431 mdpl. Daerah dengan elevasi rendah terutama berada di sepanjang pesisir dan bagian hilir sungai, sedangkan elevasi tinggi terdapat pada bagian timur atau wilayah hulu yang berbentuk perbukitan dan pegunungan.

Kemiringan lereng wilayah dikelompokkan menjadi kelas datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Kawasan datar hingga landai umumnya menjadi lokasi perkembangan permukiman dan fasilitas pelayanan. Adapun wilayah curam hingga sangat curam sebagian besar

berada di bagian hulu dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air serta sumber aliran permukaan.

Kombinasi lereng curam, lembah sempit, curah hujan tinggi, dan jarak yang relatif pendek antara daerah pegunungan dengan dataran rendah menyebabkan air hujan dapat terkonsentrasi dengan cepat menuju alur sungai. Ketika disertai longsor tanah, batu, kayu, dan material sedimen dari bagian hulu, aliran tersebut dapat berkembang menjadi banjir bandang dengan kecepatan dan daya rusak yang tinggi.



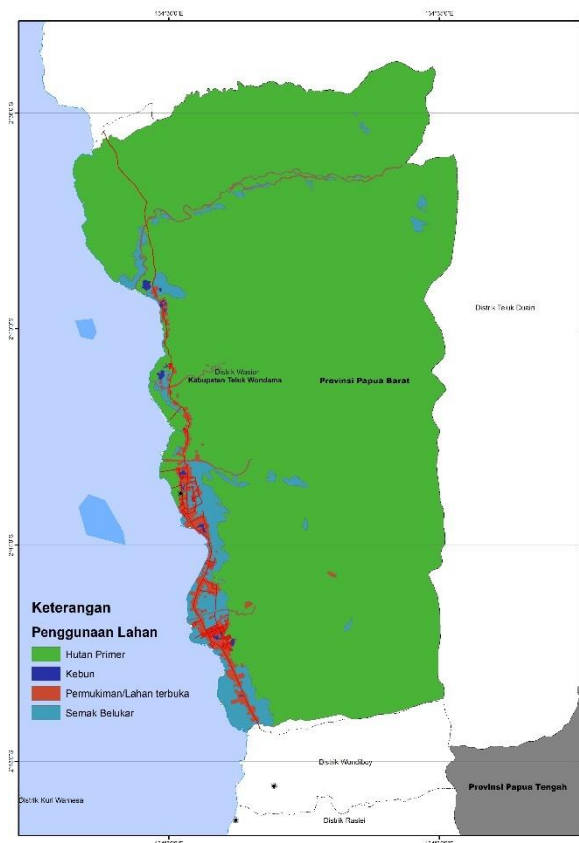
Gambar 4.2 Peta Kelerangan

Sistem hidrologi Distrik Wasior dibentuk oleh sejumlah sungai dan anak sungai yang berhulu pada wilayah perbukitan dan bermuara ke kawasan pesisir. Sungai-sungai tersebut antara lain sungai Rado, sungai Sanduai, sungai Anggris, dan sungai Manggurai. Karakteristik sungai pada wilayah ini umumnya memiliki alur relatif pendek, gradien tinggi pada bagian hulu, dan

penggunaan lahan terbesar berupa hutan primer seluas 19.419,90 hektare atau 93,14% persen dari luas wilayah Distrik Wasior.

Permukiman dan kegiatan pelayanan cenderung berkembang pada dataran rendah, sepanjang koridor jalan utama, dan di sekitar pusat pemerintahan. Sebagian kawasan terbangun berada dekat sungai dan jalur alami aliran air. Pola ini meningkatkan keterpaparan masyarakat, bangunan, fasilitas publik, dan infrastruktur terhadap banjir bandang.

Perubahan tutupan lahan pada wilayah hulu juga perlu menjadi perhatian karena berpotensi meningkatkan limpasan permukaan, erosi, dan pasokan sedimen. Berkurangnya vegetasi dapat menurunkan kemampuan tanah dalam menahan air, mempercepat konsentrasi aliran, dan memperbesar ketidakstabilan lereng. Oleh karena itu, pengaturan zonasi tidak cukup hanya mengatur kawasan terbangun di bagian hilir, tetapi juga harus menjaga fungsi lindung dan daya dukung lingkungan pada wilayah hulu.



Gambar 4.4. Peta Tutupan Lahan Distrik Wasior

4.4. Kondisi Kependudukan dan Kelompok Rentan

Jumlah penduduk Distrik Wasior pada tahun 2025 tercatat sebanyak 21.819 jiwa, yang terdiri atas 11.430 laki-laki dan 10.389 perempuan. Kepadatan penduduk rata-rata mencapai 103,48 jiwa per kilometer persegi. Persebaran penduduk tidak merata dan cenderung terkonsentrasi pada Kampung Maniwak.

Kelompok masyarakat yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tata ruang inklusif meliputi anak-anak, lanjut usia, perempuan hamil dan menyusui, penyandang disabilitas, masyarakat berpenghasilan rendah, masyarakat adat, serta penduduk yang tinggal di kawasan dengan keterbatasan akses transportasi dan pelayanan dasar.

Dalam konteks bencana, tingkat kerawanan kelompok tersebut bukan hanya ditentukan oleh lokasi tempat tinggal, tetapi juga oleh kemampuan menerima peringatan, kecepatan melakukan evakuasi, akses terhadap kendaraan, kondisi kesehatan, kualitas bangunan, penguasaan informasi, dan keterhubungan dengan jaringan sosial. Oleh karena itu, analisis kerawanan fisik perlu dipadukan dengan kondisi sosial untuk menghasilkan pengaturan ruang yang lebih adil dan responsif.

Tabel 4.1. Jumlah Penduduk Distrik Wasior Tahun 2025

NO	KAMPUNG	PENDUDUK		JUMLAH
		LAKI-LAKI	PEREMPUAN	
1	Wasior 1	2.434	2.235	4.669
2	Rado	477	385	862
3	Dotir	175	183	358
4	Maniwak	2.993	2.723	5.716
5	Kelurahan Wasior 2	1.460	1.313	2.773
6	Maimari	253	244	497
7	Moru	995	889	1.884
8	Manopi	457	420	877
9	Ramiki	294	260	554
10	Iriati	1.892	1.737	3.629
Jumlah		11.430	10.389	21.819

Sumber : Dinas Dukcapil Teluk Wondama Tahun 2026

4.5. Analisis Kerawanan Banjir Bandang

4.5.1. Parameter Analisis

Analisis kerawanan banjir bandang dilakukan dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis melalui metode pembobotan dan skoring. Parameter yang digunakan meliputi :

1. Curah hujan;
2. Kemiringan lereng;
3. Elevasi;
4. Akumulasi aliran;
5. Jarak dari sungai;
6. Kerapatan drainase;
7. Penggunaan atau tutupan lahan;
8. Jenis tanah atau kondisi geologi;
9. Potensi longsor pada wilayah hulu; dan
10. Bentuk lahan atau posisi topografi.

Setiap parameter direklasifikasi ke dalam lima kelas dengan skor 1 sampai 5. Skor 1 menunjukkan kontribusi sangat rendah terhadap kerawanan, sedangkan skor 5 menunjukkan kontribusi sangat tinggi. Selanjutnya, setiap skor dikalikan dengan bobot parameter berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap pembentukan banjir bandang.

Indeks kerawanan banjir bandang dihitung menggunakan persamaan :

$$IKBB = \sum (W_i \times S_i)$$

Keterangan:

IKBB = Indeks Kerawanan Banjir Bandang;

W_i = bobot parameter ke-i;

S_i = skor kelas parameter ke-i.

Bobot yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas curah hujan sebesar 15%, akumulasi aliran 25%, potensi longsor 20%, jarak dari sungai 10%, kemiringan lereng 20%, penggunaan lahan 10%, dan

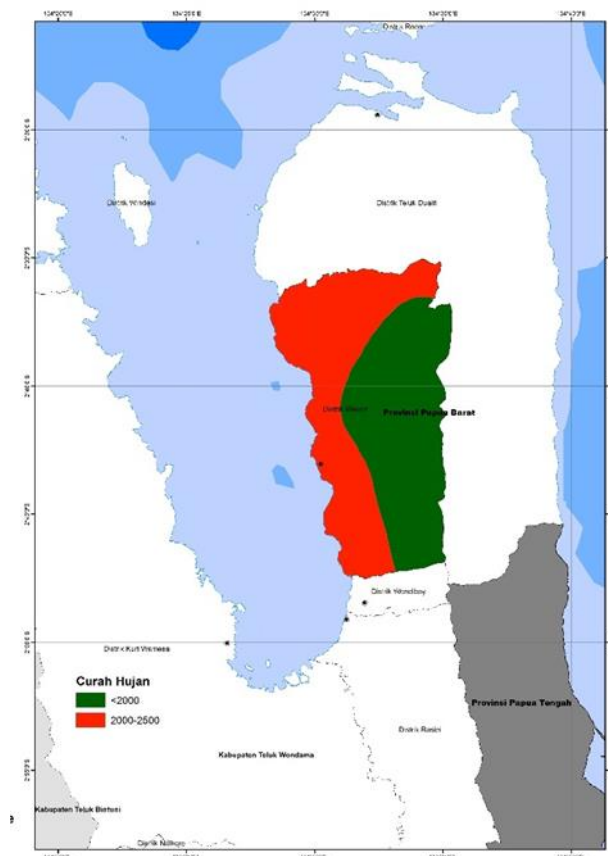
parameter lainnya sebesar [bobot] persen. Jumlah keseluruhan bobot adalah 100 persen.

4.5.2. Curah Hujan

Hasil analisis curah hujan menunjukkan bahwa wilayah Distrik Wasior memiliki curah hujan tahunan antara 2000 mm sampai 4000 milimeter per tahun. Wilayah dengan curah hujan tinggi dan sangat tinggi terdapat pada hamper semua wilayah Distrik Wasior.

Curah hujan tinggi meningkatkan jumlah air yang masuk ke permukaan tanah dan alur sungai. Apabila kapasitas infiltrasi telah terlampaui, air akan berubah menjadi limpasan permukaan. Pada DAS berukuran relatif kecil dengan kemiringan tinggi, respons aliran terhadap hujan dapat berlangsung cepat sehingga waktu antara hujan di hulu dan peningkatan debit di hilir menjadi pendek.

Kelas curah hujan sangat tinggi mencakup luas 10.469 hektar atau 49,70 persen dari wilayah penelitian. Kelas ini memperoleh skor tertinggi karena berpotensi menghasilkan volume limpasan yang besar, khususnya apabila terjadi hujan intensif dalam durasi pendek atau hujan berulang selama beberapa hari.



Gambar 4.5. Peta Curah Hujan

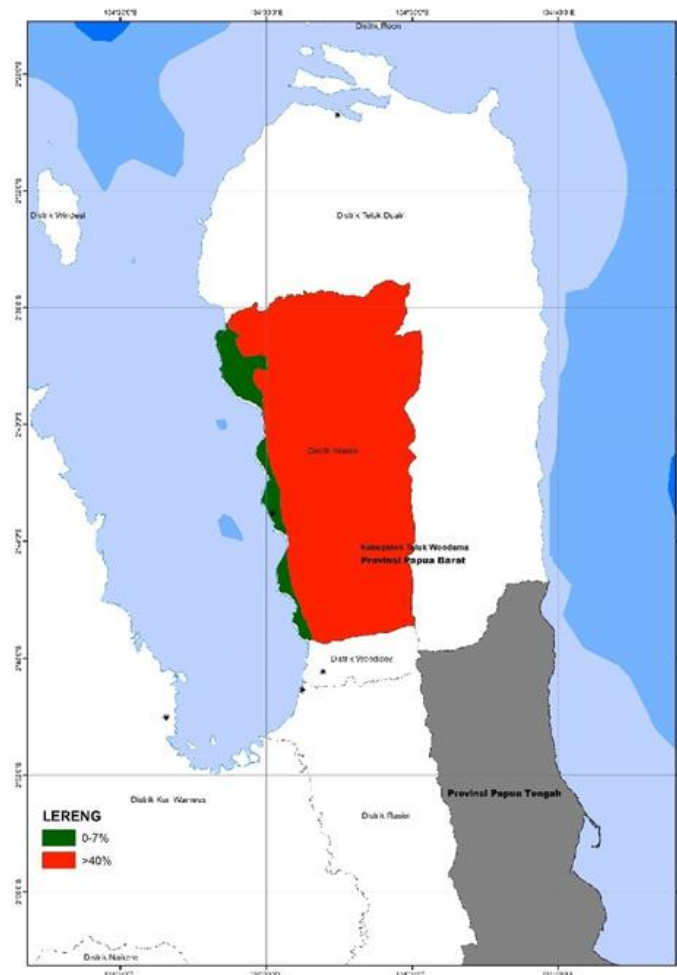
4.5.3. Kerawanan Berdasarkan Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap kecepatan aliran permukaan, erosi, dan kestabilan tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelas lereng di atas 40% merupakan kelas yang paling luas, yaitu 19.315,04 hektare atau 92,48 persen.

Lereng curam dan sangat curam terkonsentrasi pada bagian hulu. Wilayah tersebut tidak selalu menjadi lokasi utama genangan, tetapi berfungsi sebagai zona pembentukan aliran dan sumber material. Lereng yang curam mempercepat pergerakan air dan meningkatkan kemampuan aliran dalam mengangkut tanah, batu, kayu, serta material hasil longsor.

Sementara itu, wilayah datar dan landai pada bagian hilir dapat menjadi zona terdampak karena menerima aliran dari bagian hulu. Oleh sebab itu, interpretasi kemiringan lereng dalam penelitian ini

dibedakan antara perannya sebagai zona sumber dan perannya sebagai zona penerima dampak.



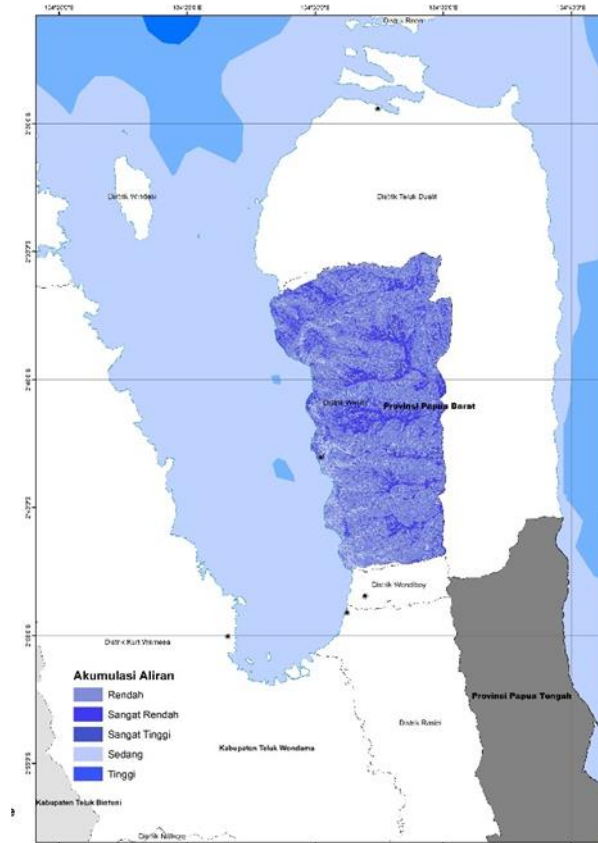
Gambar 4.6. Peta Kelerangan Distrik Wasior

4.5.4. Kerawanan Berdasarkan Akumulasi Aliran

Akumulasi aliran menggambarkan jumlah sel atau luas wilayah hulu yang mengalir menuju suatu lokasi. Nilai akumulasi tinggi menunjukkan jalur konsentrasi limpasan dan berkaitan dengan pembentukan jaringan sungai.

Hasil analisis memperlihatkan bahwa nilai akumulasi aliran tinggi terdapat pada Sungai Rado. Jalur tersebut membentuk koridor yang menghubungkan wilayah hulu dengan dataran rendah. Semakin besar nilai akumulasi, semakin besar kemungkinan suatu lokasi menerima aliran dari wilayah tangkapan yang luas.

Wilayah dengan akumulasi aliran sangat tinggi mencakup 0,99 hektare. Lokasi tersebut memperoleh skor tinggi dalam analisis, terutama ketika berimpit dengan lereng curam, curah hujan tinggi, penggunaan lahan terbuka, dan kawasan berpotensi longsor.



Gambar 4.7. Peta Akumulasi Aliran

4.5.5. Kerawanan Berdasarkan Jarak dari Sungai

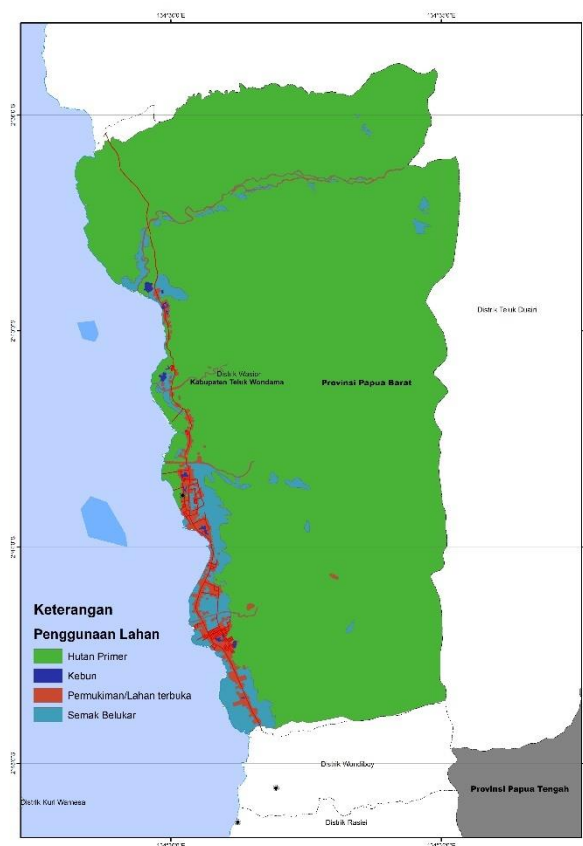
Jarak dari sungai digunakan untuk menilai tingkat kedekatan suatu wilayah terhadap koridor utama aliran. Hasil analisis dibagi menjadi zona jarak 0–100 meter, lebih dari 100–250 meter, lebih dari 250–500 meter, lebih dari 500-1000 meter dan lebih dari 1000 meter.

Kawasan pada jarak terdekat dari sungai diberi skor tertinggi karena memiliki peluang lebih besar terkena luapan, aliran material, erosi tebing, dan perubahan alur sungai. Namun, lebar zona rawan

kawasan terbangun yang kedap air, dan area dengan vegetasi jarang memperoleh skor lebih tinggi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kawasan hulu masih didominasi oleh hutan lahan kering primer. Namun, pada beberapa bagian terdapat lahan terbuka, kebun, penebangan atau penggunaan lain yang berpotensi meningkatkan limpasan dan erosi. Pada bagian hilir, konsentrasi kawasan terbangun menyebabkan berkurangnya area resapan dan bertambahnya nilai keterpaparan.

Pengaruh penggunaan lahan terhadap banjir bandang tidak dapat dipisahkan dari kondisi parameter lainnya. Kawasan terbangun pada lokasi yang jauh dari sungai dan memiliki elevasi aman tidak selalu rawan. Sebaliknya, kawasan terbangun yang berada pada koridor aliran, mulut lembah, atau dataran rendah dekat sungai memiliki tingkat kerawanan lebih tinggi.



Gambar 4.9. Peta Penggunaan Lahan

4.6. Indeks Kerawanan Banjir Bandang

Hasil penggabungan seluruh parameter menghasilkan indeks kerawanan banjir bandang dengan nilai minimum 1 dan maksimum 3. Indeks tersebut diklasifikasikan menjadi tiga kelas kerawanan, yaitu rendah, , sedang, dan tinggi.

Tabel 4.2. Distribusi Kerawanan Banjir Bandang Distrik Wasior

NO	KLAS KERAWANAN	LUAS (Ha)	PERSENTASE
1	Rendah	10.784,05	51,71
2	Sedang	7.210,56	34,58
3	Tinggi	2.859,95	13,71
Jumlah		20.854,56	100,00

Sumber : hasil analisis 2026

Kelas rendah umumnya terdapat pada kawasan dengan karakteristik berada jauh dari sungai utama, memiliki kondisi topografi relatif aman, tutupan vegetasi baik, serta tidak terhubung langsung dengan jalur akumulasi aliran tinggi.

Kelas sedang tersebar pada kawasan yang tidak terlalu jauh dari sungai. Wilayah ini memiliki sebagian faktor pembentuk kerawanan, tetapi belum menunjukkan tumpang tindih seluruh faktor secara dominan. Pemanfaatan ruang pada kelas sedang masih dapat dilakukan dengan persyaratan teknis, pengendalian intensitas, sistem drainase, jalur evakuasi, dan standar bangunan adaptif.

Kelas tinggi terkonsentrasi pada koridor sungai, pertemuan anak sungai, mulut lembah, dataran rendah tertentu, serta kawasan yang menerima aliran langsung dari wilayah hulu. Kelas tinggi secara keseluruhan mencapai 2.859,95 hektare atau 13,71% dari wilayah Distrik Wasior.

Sebaran tersebut menunjukkan bahwa banjir bandang di Distrik Wasior memiliki hubungan kuat antara kondisi hulu dan hilir. Bagian hulu menjadi zona pembentukan aliran dan sumber material, koridor sungai menjadi zona lintasan, sedangkan bagian hilir dan mulut lembah menjadi zona penerima dampak.



Gambar 4.10. Peta Klas Kerawanan

4.6.1. Kerawanan Pada Rencana Pola Ruang

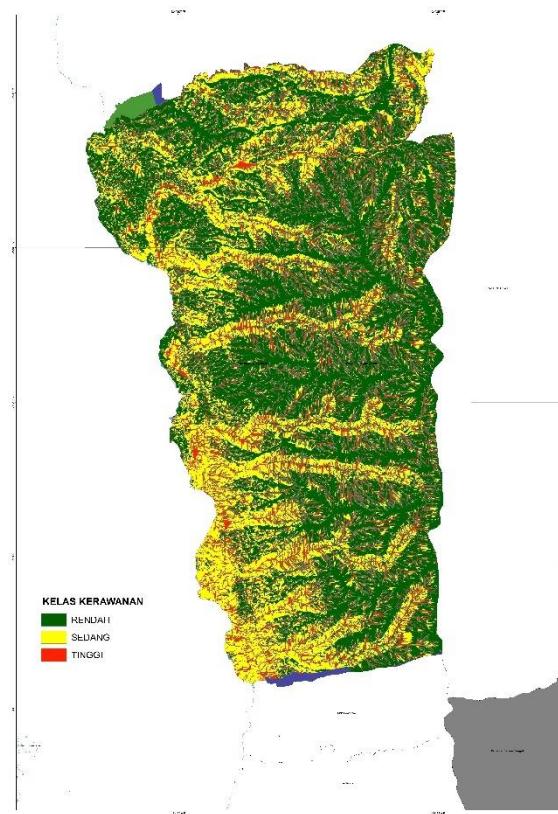
Hasil analisis dengan menumpangtindihkan peta kerawanan banjir bandang dengan pola rencana pola ruang, maka didapatkan hasil sebagaimana yang terdapat dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4.3. Klas Kerawanan Pada Rencana Pola Ruang

Rencana Pola Ruang	Kelas Kerawanan		
	Rendah	Sedang	Tinggi
	(Ha)	(Ha)	(Ha)
Badan Air	3,63	20,06	7,25
Cagar Alam	9.681,45	5.775,88	2.419,22
Kawasan Eksosistem Mangrove	60,04	44,02	7,61
Kawasan Hutan Produksi Terbatas	581,44	533,03	174,83
Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik	-	0,86	0,18
Kawasan Perkebunan	87,82	60,49	14,90
Kawasan Perlindungan Setempat	33,11	52,94	10,93
Kawasan Permukiman Perkotaan	162,08	590,24	188,76
Kawasan Pertahanan dan Keamanan	-	1,09	0,50
Kawasan Tanaman Pangan	19,91	19,56	7,48
Kawasan Transportasi	148,81	110,02	27,39
Taman Nasional	5,77	2,38	0,90
Jumlah	10.784,05	7.210,56	2.859,95

Sumber : hasil analisis GIS (2026)

Dari tabel 4.3. diketahui bahwa kerawanan banjir bandang pada rencana pola ruang kawasan permukiman perkotaan untuk klas kerawanan sedang dan tinggi seluas 779, 00 Ha atau sekitar 82,78 % dari total luas kawasan permukiman perkotaan.



Gambar 4.11. Klas Kerawanan Pada Pola Ruang

4.7. Analisis Riwayat dan Karakteristik Banjir Bandang Wasior

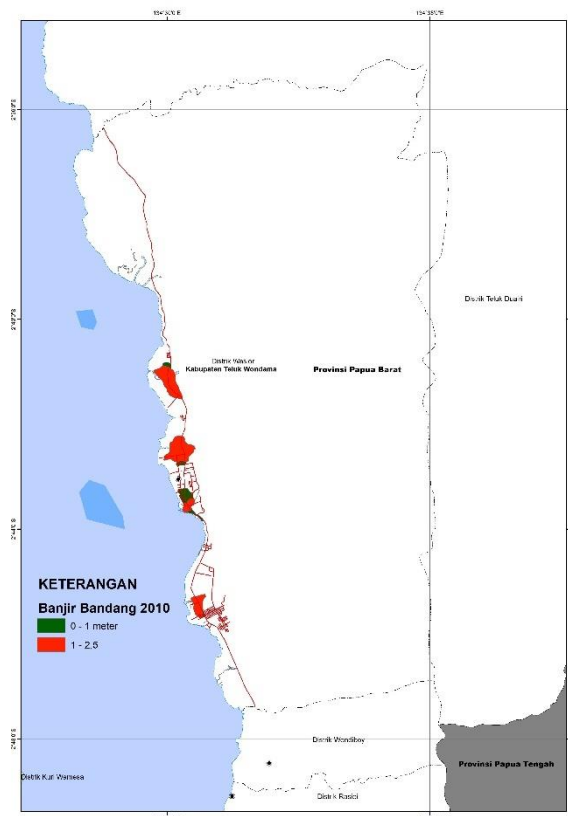
Banjir bandang Wasior pada 4 Oktober 2010 merupakan salah satu bencana besar di Indonesia dan menjadi dasar penting dalam evaluasi tata ruang serta pembangunan wilayah Kabupaten Teluk Wondama. Peristiwa tersebut menimbulkan korban jiwa, kerusakan permukiman, fasilitas publik, jaringan jalan, dan berbagai infrastruktur dasar. BNPB memasukkan banjir bandang Wasior sebagai salah satu kejadian bencana besar tahun 2010 dan kemudian menetapkan rencana aksi rehabilitasi serta rekonstruksi pascabencana.

4.7.1. Riwayat Banjir Bandang Wasior Tahun 2010

Banjir bandang Wasior tahun 2010 dipicu oleh hujan lebat yang berlangsung lama pada kawasan hulu dengan lereng curam dan rentan longsor. Longsoran membawa tanah, batuan, dan batang pohon ke alur sungai hingga membentuk sumbatan alami. Jebolnya sumbatan

menghasilkan aliran air bercampur material yang bergerak cepat ke hilir, menggerus alur sungai, kemudian menyebar dan mengendap di dataran rendah dekat pantai.

Berdasarkan data riwayat banjir bandang dan observasi lapangan terdapat 2 (dua) areal yang terdampak yang berdasarkan ketinggian banjir bandang pada saat yaitu areal dengan ketinggian 0 – 1 meter dan 1 – 2,5 meter, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini :

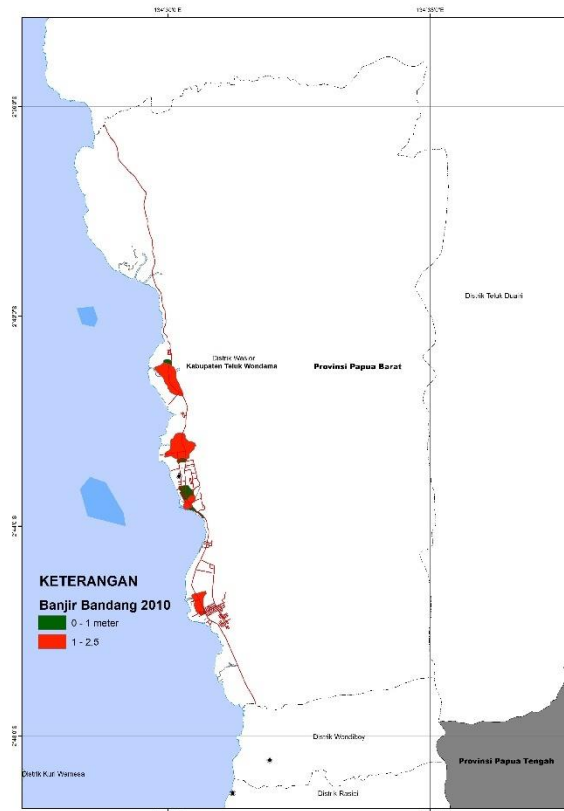


Gambar 4.12. Peta Banjir Bandang Wasior

Berdasarkan analisis spasial, lokasi terdampak historis berada pada kampung Rado, Kampung Moru, Kampung Wasior 1, Kelurahan Wasior dan Kampung Maniwak. Sebagian besar lokasi tersebut termasuk dalam klas kerawanan sedang dan tinggi pada hasil model penelitian.

Karakteristik utama bencana tersebut berkaitan dengan hujan intensif, konsentrasi aliran dari wilayah hulu, tingginya pasokan sedimen dan material, serta perkembangan kawasan terbangun pada

jalur alami aliran. Peristiwa ini menunjukkan bahwa pengelolaan risiko banjir bandang harus dilakukan secara terpadu dari hulu sampai hilir dan tidak dapat hanya mengandalkan normalisasi sungai pada kawasan perkotaan.



Gambar 4.13. Peta Banjir Bandang Wasior

Tabel 4.4. Luas Areal Terdampak Banjir Bandang Tahun 2010

No	Kampung	Ketinggian		Luas (Ha)
		0 - 1 Meter	1 - 2,5 Meter	(Ha)
1	Rado	4,29	56,26	60,55
2	Moru	5,09	62,39	67,48
3	Wasior 1 dan Keluarahan Wasior	23,00	13,10	36,10
4	Maniwak	1,46	25,21	26,66
	Jumlah	33,84	156,96	190,80

Sumber : Hasil Observasi Lapangan (analisis 2026)

Dari tabel di atas didapatkan bahwa banjir bandang Wasior pada tahun 2010 luas areal yang terdampak banjir bandang dengan ketinggian 0 – 1 meter adalah seluas 33,84 Ha, sedangkan areal yang

terdampak dengan ketinggian 1 – 2,5 meter adalah seluas 156,96 Ha, sehingga luas total keseluruhan adalah seluas 190,80 Ha.

Hasil tumpangtindih antara peta areal terdampak dengan ketinggian 0 – 1 meter dengan dengan peta klas kerawanan maka didapatkan 96,99% atau seluas 32,73 Ha adalah areal yang kelas kerawanan sedang dan tinggi, sebagaimana terdapat dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.5. Tabel Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 0 – 1 Meter

No	Kampung	Klas Kerawanan			Luas (Ha)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Rado	0,44	2,78	1,08	4,29
2	Moru	0,55	2,89	1,65	5,09
3	Wasior 1 dan Kelurahan Wasior	0,02	18,49	4,39	22,91
4	Maniwak	-	0,94	0,52	1,46
	Jumlah	1,02	25,10	7,63	33,75

Sumber : Hasil analisis 2026

Sedangkan hasil tumpangtindih antara peta areal terdampak dengan ketinggian 1 – 2,5 meter dengan peta pola ruang dan peta klas kerawanan maka didapatkan 85,20% atau seluas 133,66 Ha adalah areal yang kelas kerawanan sedang dan tinggi, sebagaimana terdapat dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.6. Tabel Klas Kerawanan Pada Areal Terdampak 0 – 1 Meter

No	Kampung	Klas Kerawanan			Luas (Ha)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Rado	10,92	30,90	14,44	56,26
2	Moru	12,14	38,73	11,51	62,39
3	Wasior 1 dan Kelurahan Wasior	0,16	11,06	1,81	13,02
4	Maniwak	-	18,61	6,60	25,21
	Jumlah	23,22	99,30	34,36	156,88

Sumber : Hasil analisis 2026

Sedangkan Hasil tumpangtindih antara peta areal terdampak dengan ketinggian 0 – 1 meter, peta pola ruang dengan peta klas kerawanan maka didapatkan 96,99% atau seluas 32,73 Ha berada pada klas kerawanan sedang dan tinggi, sebagaimana terdapat dalam tabel berikut ini :

**Tabel 4.7. Tabel Klas Kerawanan Areal Terdampak 0 – 1 Meter
Pada Pola Ruang**

No	Pola Ruang	Klas Kerawanan			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
		(Ha)	(Ha)	(Ha)	(Ha)
1	Badan Air	-	-	-	-
2	Cagar Alam	-	-	-	-
3	Kawasan Eksosistem Mangrove	-	-	-	-
4	Kawasan Hutan Produksi Terbatas	-	-	-	-
5	Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik	-	-	-	-
6	Kawasan Perkebunan	-	-	-	-
7	Kawasan Perlindungan Setempat	-	-	-	-
8	Kawasan Permukiman Perkotaan	1,02	23,37	7,30	31,69
9	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	-	-	-	-
10	Kawasan Tanaman Pangan	-	-	-	-
11	Kawasan Transportasi	-	1,73	0,33	2,06
12	Taman Nasional	-	-	-	-
		1,02	25,10	7,63	33,75

Sumber : hasil analisis 2026

Sedangkan Hasil tumpangtindih antara peta areal terdampak dengan ketinggian 1 – 2,5 meter, peta pola ruang dengan peta klas kerawanan maka didapatkan 85,14% atau seluas 133,14 Ha berada pada klas kerawanan sedang dan tinggi sebagaimana terdapat dalam tabel berikut ini :

**Tabel 4.8. Tabel Klas Kerawanan Areal Terdampak 1 – 2,5 Meter
Pada Pola Ruang**

No	Pola Ruang	Klas Kerawanan			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
		(Ha)	(Ha)	(Ha)	(Ha)
1	Badan Air	0,35	7,33	3,55	11,23
2	Cagar Alam	-	-	-	-
3	Kawasan Eksosistem Mangrove	-	-	-	-
4	Kawasan Hutan Produksi Terbatas	0,27	3,34	1,17	4,78
5	Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik	-	-	-	-
6	Kawasan Perkebunan	-	-	-	-
7	Kawasan Perlindungan Setempat	-	-	-	-
8	Kawasan Permukiman Perkotaan	21,20	85,27	27,69	134,16
9	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	-	0,14	0,06	0,20
10	Kawasan Tanaman Pangan	1,40	0,68	1,53	3,61
11	Kawasan Transportasi	0,01	1,90	0,36	2,26
12	Taman Nasional	-	-	-	-
		23,22	98,65	34,36	156,23

Sumber : hasil analisis 2026

Jembatan dan ruas jalan yang memotong sungai perlu mendapat perhatian khusus. Bukaannya yang terlalu sempit dapat menahan kayu dan material, memicu penyumbatan, kemudian mengalihkan aliran ke kawasan permukiman. Oleh karena itu, analisis tata ruang perlu dihubungkan dengan evaluasi teknis infrastruktur.

Kerawanan sosial dianalisis berdasarkan kepadatan penduduk, proporsi anak-anak, lanjut usia, penyandang disabilitas, perempuan, masyarakat berpenghasilan rendah, masyarakat adat, dan akses terhadap pelayanan dasar.

Wilayah Kampung Wasior I, memiliki kerawanan sosial tertinggi karena memiliki kepadatan tinggi dan proporsi kelompok rentan yang besar. Sementara itu, Kampung Rado memiliki jumlah penduduk lebih sedikit, tetapi akses evakuasi dan komunikasi lebih terbatas.

Masyarakat berpenghasilan rendah cenderung memiliki pilihan lokasi tempat tinggal yang terbatas dan kemampuan lebih kecil untuk memperkuat bangunan atau berpindah ke lokasi yang lebih aman. Penyandang disabilitas dan lanjut usia juga membutuhkan waktu, pendampingan, serta sarana khusus selama evakuasi. Karena itu, pengaturan zonasi yang hanya didasarkan pada kondisi fisik tanpa memperhatikan aspek sosial berpotensi menghasilkan kebijakan yang tidak adil.

Tabel 4.9. Jumlah Penduduk Distrik Wasior Tahun 2025

NO	KAMPUNG	PENDUDUK		JUMLAH
		LAKI-LAKI	PEREMPUAN	
1	Wasior 1	2.434	2.235	4.669
2	Rado	477	385	862
3	Dotir	175	183	358
4	Maniwak	2.993	2.723	5.716
5	Kelurahan Wasior 2	1.460	1.313	2.773
6	Maimari	253	244	497
7	Moru	995	889	1.884
8	Manopi	457	420	877
9	Ramiki	294	260	554
10	Iriati	1.892	1.737	3.629
Jumlah		11.430	10.389	21.819

Sumber : Dukcapil 2026

Kerawanan ekonomi berkaitan dengan ketergantungan masyarakat terhadap lokasi usaha, sumber penghidupan, lahan

pertanian, perdagangan, perikanan, dan akses menuju pusat pelayanan. Pemindahan kegiatan dari kawasan rawan dapat menurunkan risiko fisik, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi apabila dilakukan tanpa alternatif lokasi dan dukungan mata pencaharian.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat pada Kampung Wasior 1 dan Kelurahan Wasior tetap bertahan karena kedekatan dengan pekerjaan, hubungan adat, akses pasar, kepemilikan tanah, atau alasan lainnya. Hal tersebut menegaskan bahwa strategi relokasi tidak dapat diterapkan secara seragam. Pada beberapa lokasi, penataan kembali, pengurangan intensitas, penguatan bangunan, dan penyediaan jalur evakuasi dapat lebih dapat diterima daripada pemindahan total.

Kerawanan ekologis terdapat pada wilayah hulu yang mengalami gangguan tutupan lahan, lereng dengan potensi erosi, sempadan sungai yang terbangun, serta kawasan pesisir yang menerima sedimentasi.

Kerusakan ekologis pada bagian hulu dapat memengaruhi wilayah hilir meskipun secara administratif berada pada kampung yang berbeda. Oleh karena itu, kebijakan zonasi harus menggunakan pendekatan bentang alam dan daerah aliran sungai, bukan semata-mata batas administrasi.

4.7.2. Mitigasi Kerawanan Banjir Bandang Tahun 2010

2.7.2.1. Arahan Mitigasi Areal Terdampak 0 – 1 Meter

Berdasarkan hasil analisis, areal terdampak dengan ketinggian 1 – 2 meter adalah seluas 33,75 Ha, mencakup dua pola ruang yaitu kawasan permukiman perkotaan 31,69 Ha dan kawasan transportasi seluas 2,06 Ha. Sebagian besar areal terdampak berada pada klas sedang yaitu seluas 25,10 Ha, dan 7,63 Ha berada pada klas tinggi.

Hasil overlay pola ruang dan kerawanan banjir bandang menunjukkan bahwa dari total 33,75 Ha areal terdampak,

31,69 Ha merupakan kawasan permukiman perkotaan dan 2,06 Ha merupakan kawasan transportasi. Kawasan kerawanan sedang mendominasi seluas 25,10 Ha, sementara kawasan kerawanan tinggi mencapai 7,63 Ha. Mitigasi diprioritaskan pada permukiman perkotaan berkerawanan tinggi seluas 7,30 Ha melalui pengendalian penambahan hunian, penyediaan sistem peringatan dini, penetapan jalur dan tempat evakuasi, serta kajian relokasi pada bagian yang berada di jalur aliran utama. Pada kawasan kerawanan sedang, mitigasi diarahkan pada pengendalian pembangunan, peningkatan kesiapsiagaan masyarakat, dan pemeliharaan kapasitas aliran. Sedangkan pada kawasan transportasi, tindakan utama meliputi pemeriksaan landasan pacu terhadap gerusan serta material hanyutan, mencegah penumpukan material bawaan banjir, dan penyediaan rute alternatif saat terjadi peringatan banjir bandang.

2.7.2.1. Arahan Mitigasi Areal Terdampak 1 – 2,5 Meter

Berdasarkan hasil analisis tumpang tindih antara klas kerawanan banjir bandang dengan pola ruang, diperoleh luas wilayah sebesar 156,23 Ha yang terdiri atas 23,22 Ha atau 14,86% berada pada klas kerawanan rendah, 98,65 Ha atau 63,14% berada pada klas kerawanan sedang, dan 34,36 Ha atau 21,99% berada pada klas kerawanan tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah kajian berada pada tingkat kerawanan sedang sehingga strategi mitigasi tidak hanya diarahkan pada kawasan dengan kerawanan tinggi, tetapi juga pada pengendalian perkembangan ruang di kawasan kerawanan sedang.

Kawasan Permukiman Perkotaan merupakan pola ruang yang paling dominan berada pada wilayah rawan, dengan luas 134,16 Ha. Dari luasan tersebut, 21,20 Ha berada pada klas

kerawanan rendah, 85,27 Ha berada pada klas kerawanan sedang, dan 27,69 Ha berada pada klas kerawanan tinggi.

Oleh karena itu, kawasan permukiman menjadi prioritas utama dalam penerapan mitigasi berbasis tata ruang. Pada kawasan permukiman dengan kerawanan tinggi diarahkan pengendalian pembangunan baru, peningkatan perlindungan masyarakat, penyediaan jalur dan tempat evakuasi, penerapan sistem peringatan dini, serta kajian relokasi pada lokasi yang memiliki tingkat paparan sangat tinggi. Sementara itu, pada kawasan dengan kerawanan sedang, pembangunan masih dapat dilakukan secara terkendali dengan mensyaratkan penerapan infrastruktur drainase, ruang terbuka, sistem evakuasi, dan konstruksi yang adaptif terhadap ancaman banjir bandang.

Pada kawasan dengan klas kerawanan rendah, pengembangan ruang dapat dilakukan secara lebih fleksibel namun tetap menerapkan prinsip pengurangan risiko bencana. Kawasan ini dapat dipertimbangkan sebagai lokasi fasilitas evakuasi dan ruang terbuka apabila memenuhi persyaratan keamanan berdasarkan kondisi topografi dan aksesibilitas.

Kawasan Badan Air dan kawasan Hutan Produksi Terbatas diarahkan sebagai bagian dari sistem mitigasi alami. Badan air perlu dipertahankan fungsi dan kapasitas alirannya melalui pengendalian sedimentasi, perlindungan sempadan, dan pencegahan penyempitan alur sungai. Sementara itu, kawasan hutan produksi terbatas perlu dipertahankan tutupan vegetasinya serta diarahkan untuk konservasi tanah dan air guna mengurangi limpasan permukaan dan potensi sedimentasi yang dapat memperbesar dampak banjir bandang.

Kawasan transportasi yang berada pada wilayah kerawanan sedang dan tinggi diarahkan untuk diperkuat sebagai bagian dari sistem mitigasi dan evakuasi. Infrastruktur

jalan dan jembatan perlu dirancang dan dipelihara dengan mempertimbangkan potensi gerusan, limpasan, dan material banjir bandang. Jaringan transportasi yang memiliki aksesibilitas tinggi dapat ditetapkan sebagai jalur evakuasi utama yang menghubungkan kawasan terdampak dengan lokasi aman.

Dengan demikian, arahan mitigasi bencana banjir bandang pada areal terdampak dengan ketinggian 1 – 2,5 meter, diarahkan pada prinsip pengendalian pemanfaatan ruang berdasarkan tingkat kerawanan, yaitu perlindungan ketat pada kawasan kerawanan tinggi, pengembangan bersyarat pada kawasan kerawanan sedang, dan pengembangan terkendali pada kawasan kerawanan rendah. Pendekatan tersebut perlu didukung oleh kombinasi mitigasi struktural dan nonstruktural, meliputi pengendalian sempadan sungai, konservasi kawasan hulu, pengendalian sedimentasi, peningkatan kapasitas drainase, pembangunan infrastruktur pengendali aliran dan sedimen pada lokasi yang sesuai, sistem peringatan dini, penyediaan jalur dan tempat evakuasi, serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana.

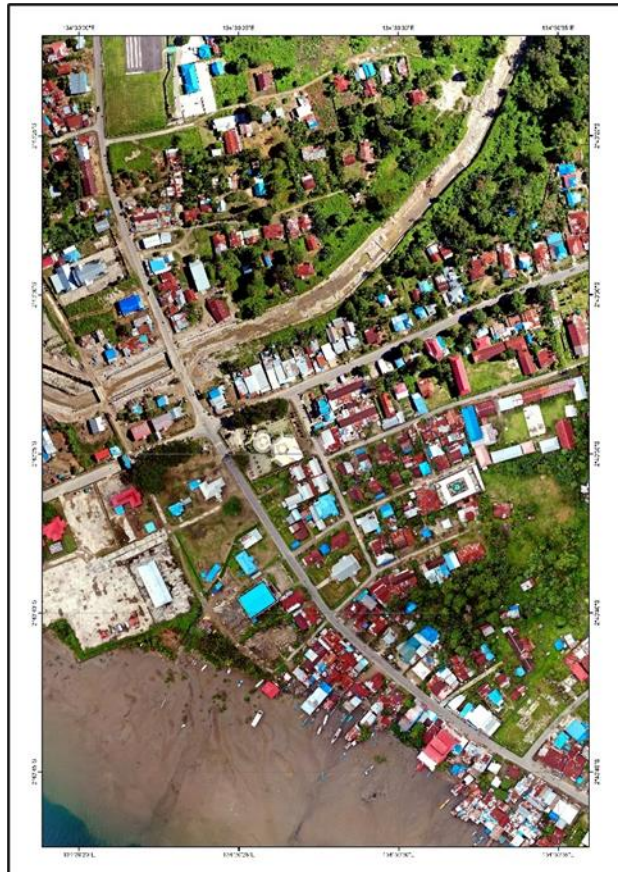
4.8. Perubahan Kondisi Pasca Bencana

Pascabencana, telah dilakukan rehabilitasi dan rekonstruksi terhadap permukiman, jalan, fasilitas pelayanan, dan prasarana lainnya. Namun, perkembangan kawasan yang terus berlangsung dapat kembali meningkatkan risiko apabila tidak dikendalikan melalui peraturan zonasi yang mempertimbangkan peta bahaya dan karakteristik DAS.

Hasil observasi menunjukkan bahwa pada beberapa lokasi masih terdapat permukiman, fasilitas, aktivitas perdagangan atau bangunan pada koridor rawan. Selain itu, ditemukan penyempitan sungai, bangunan dekat

sempadan, sedimentasi, jembatan dengan bukaan terbatas, atau penggunaan lahan hulu yang dapat memengaruhi kapasitas aliran.

Kondisi ini memperlihatkan bahwa rehabilitasi fisik perlu diikuti oleh pengendalian pemanfaatan ruang jangka panjang. Tanpa pengaturan zonasi yang tegas, kawasan pascabencana berpotensi kembali mengalami peningkatan keterpaparan.



Gambar 4.15. Peta Foto Udara Kawasan Kelurahan Wasior

4.9. Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Eksisting

Analisis kesesuaian dilakukan dengan membandingkan pola penggunaan lahan eksisting dan rencana pola ruang dengan peta kerawanan banjir bandang. Tujuannya adalah mengidentifikasi pemanfaatan ruang yang sesuai, sesuai bersyarat, dan tidak sesuai. Hasil tumpengtindih sebagaimana tercantum pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.10. Klas Kerawanan Pada Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Klas Kerawanan			Luas
		Rendah	Sedang	Tinggi	(Ha)
1	Semak Belukar	27,99	668,28	198,16	894,43
2	Kebun	11,65	19,91	6,44	38,00
3	Hutan Primer	10.740,35	6.175,61	2.503,94	19.419,90
4	Permukiman/Lahan terbuka	0,08	345,92	150,97	496,97
	Jumlah	10.780,07	7.209,72	2.859,51	20.849,31

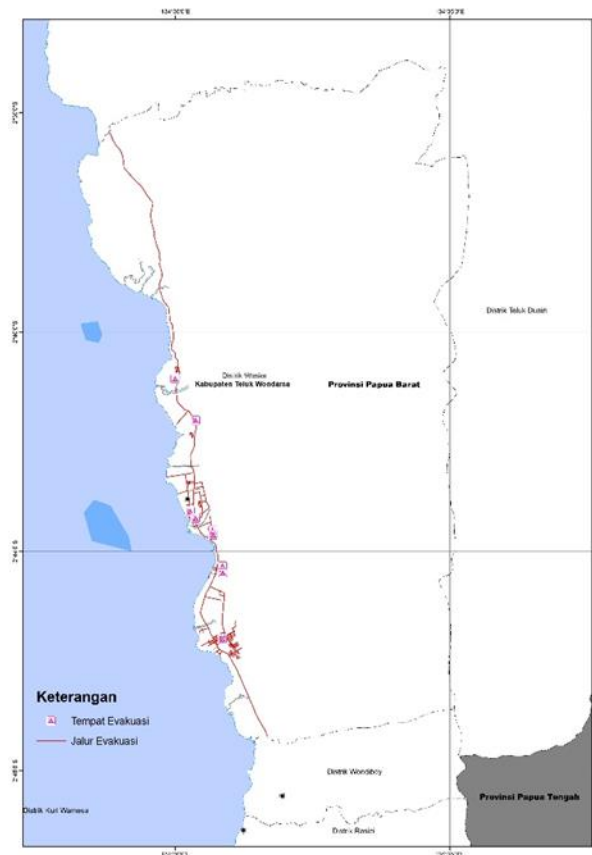
Sumber : hasil analisis 2026

Dari hasil analisis pada penggunaan lahan permukiman/lahan terbuka berada pada klas kerawanan sedang dan tinggi seluas 496,89 Ha atau sebesar 2,38%, sedangkan pada penggunaan lahan Perkebunan 26,35 Ha atau sebesar 0,13%.

4.10. Aksesibilitas Jalur Evakuasi

Hasil analisis jaringan menunjukkan bahwa sebagian permukiman dapat mencapai titik evakuasi dalam waktu 12 menit, sedangkan wilayah jauh membutuhkan waktu lebih dari 15-20 menit. Hambatan utama berupa kondisi jalan, sungai, jembatan, kemiringan, tidak adanya penerangan, atau lainnya.

Jalur evakuasi perlu dirancang agar dapat digunakan oleh anak-anak, lanjut usia, penyandang disabilitas, dan masyarakat dengan keterbatasan mobilitas. Kemiringan jalur, lebar, kondisi permukaan, pencahayaan, tanda arah, titik istirahat, dan akses kendaraan darurat harus menjadi bagian dari pengaturan zonasi dan ketentuan teknis pembangunan.

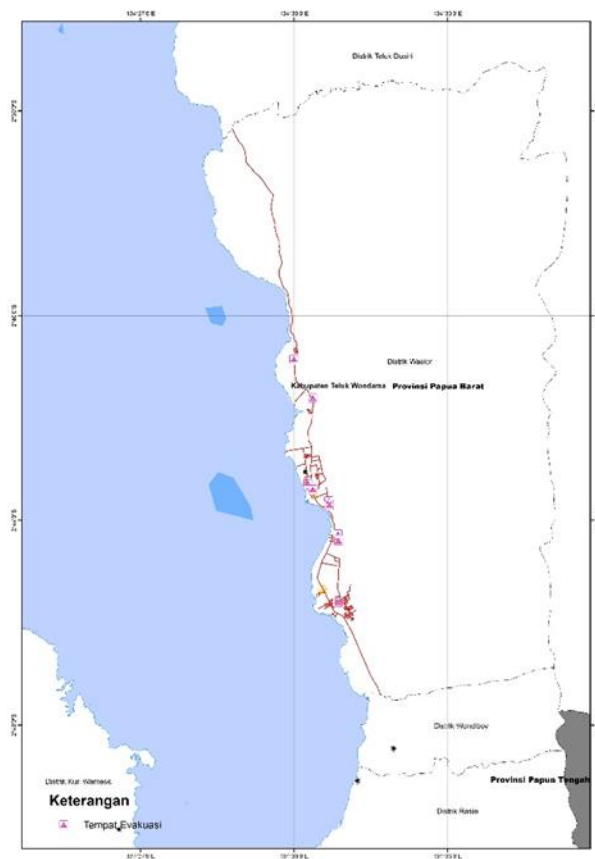


Gambar 4.16. Peta Jalur Evakuasi

Kawasan yang memenuhi kriteria sebagai ruang evakuasi adalah wilayah yang berada di luar koridor aliran, memiliki elevasi relatif aman, dapat dicapai dalam waktu singkat, memiliki luas memadai, serta terhubung dengan jalan.

Hasil analisis menghasilkan 9 lokasi potensial, yaitu halaman SD YPK Rado, Gereja GKI Solagratia Rakwa, Kuburan Wasior Kampung, Bandara Wasior, Halaman Bank Papua, Halaman SD Katholik, SMP YPK Aitumieri, Bukit Ramar dan Kompleks Perumahan Pemda Manggurai. Lokasi tersebut masih perlu diverifikasi melalui survei lapangan, kajian geoteknik, status kepemilikan lahan, dan kesepakatan dengan masyarakat adat.

Tempat evakuasi harus menyediakan fasilitas yang sensitif terhadap kebutuhan perempuan, anak, lansia, dan penyandang disabilitas. Fasilitas tersebut meliputi toilet terpisah dan aksesibel, ruang kesehatan, ruang laktasi, penerangan, air bersih, komunikasi darurat, serta ruang perlindungan yang aman.



Gambar 4.17. Tempat Evakuasi

4.11. Arahan Zonasi Berbasis Kerawanan Banjir Bandang

Berdasarkan hasil analisis, luas dan klas kerawannya, maka arahan zonasi perlu mengutamakan perlindungan kawasan konservasi serta pengendalian aktivitas pada klas kerawanan tinggi. Total luas wilayah penelitian mencapai 20.854,56 ha, yang terdiri atas kerawanan rendah 10.784,05 ha (51,71%), sedang 7.210,56 ha (34,57%), dan tinggi 2.859,95 ha (13,71%).

Secara keseluruhan, pengembangan ruang baru sebaiknya diprioritaskan pada kawasan dengan klas kerawanan rendah. Klas kerawanan sedang diarahkan untuk pemanfaatan terbatas dengan persyaratan mitigasi, sedangkan klas kerawanan tinggi diarahkan sebagai zona perlindungan, rehabilitasi ekosistem, serta pembatasan pembangunan. Perhatian utama perlu diberikan kepada kawasan cagar alam, kawasan permukiman perkotaan,

dan kawasan hutan produksi terbatas, karena ketiganya memiliki luasan terbesar pada klas kerawanan tinggi.

Oleh karena itu arahan zonasi berdasarkan hasil analisis sebagaimana tercantum pada tabel berikut :

Tabel 4.11. Arahan Zonasi

No	Kelas Kerawanan	Arahan Pemanfaatan Ruang
1	Rendah	Dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya dan pembangunan secara terkendali. Pengembangan permukiman, transportasi, perkebunan, serta tanaman pangan tetap harus memenuhi ketentuan teknis, mempertahankan daerah resapan, dan tidak menurunkan fungsi ekologis kawasan
2	Sedang	Pemanfaatan ruang diperbolehkan secara terbatas dan bersyarat. Setiap pembangunan perlu dilengkapi kajian risiko, sistem mitigasi, jalur evakuasi, ruang terbuka, serta infrastruktur yang menyesuaikan karakter ancaman. Kepadatan bangunan dan intensitas pemanfaatan lahan perlu dibatasi
3	Tinggi	Diarahkan sebagai zona perlindungan dan pembatasan ketat. Pembangunan baru yang meningkatkan jumlah penduduk atau nilai aset sebaiknya tidak diizinkan. Aktivitas yang telah ada perlu diawasi, diperkuat mitigasinya, atau direlokasi secara bertahap apabila tingkat risikonya tidak dapat dikurangi

Sumber : hasil analisis 2026

Adapun arahan zonasi berdasarkan pola ruang sebagai berikut :

1. Kawasan Cagar Alam

Cagar alam menjadi penggunaan ruang paling dominan, termasuk sekitar 2.419,22 ha pada klas kerawanan tinggi. Seluruh kawasan harus dipertahankan sebagai zona perlindungan. Kegiatan yang diperbolehkan hanya konservasi, penelitian, pendidikan, pemantauan lingkungan, dan mitigasi berbasis ekosistem. Pembangunan permukiman, perkebunan, pertambangan, dan infrastruktur permanen perlu dilarang.

2. Kawasan Permukiman Perkotaan

Permukiman pada kerawanan rendah seluas 162,08 ha dapat dikembangkan secara terkendali. Pada kerawanan sedang seluas 590,24 ha, pembangunan harus dilengkapi standar bangunan adaptif, jalur evakuasi, titik kumpul, sistem peringatan dini, serta pembatasan kepadatan. Permukiman pada kerawanan tinggi seluas 188,76 ha tidak diarahkan untuk ekspansi. Bangunan yang sudah ada perlu diaudit tingkat risikonya dan dipertimbangkan untuk penataan ulang atau relokasi bertahap.

3. Kawasan Hutan Produksi Terbatas

Pemanfaatan hutan harus menerapkan sistem produksi berkelanjutan dan mempertahankan tutupan vegetasi. Pada zona sedang dan tinggi, pembukaan lahan serta pembangunan jalan produksi perlu dibatasi. Zona tinggi seluas 174,83 ha sebaiknya diarahkan untuk rehabilitasi, perlindungan tanah dan air, serta pengurangan kegiatan eksploitasi.

4. Kawasan Perkebunan dan Tanaman Pangan

Perkebunan dan tanaman pangan pada zona rendah dapat dipertahankan dengan penerapan konservasi tanah dan air. Pada zona sedang, kegiatan budidaya harus menggunakan komoditas dan teknik pengolahan lahan yang sesuai dengan karakter ancaman. Pada zona tinggi, pembangunan bangunan permanen dan perluasan lahan perlu dibatasi serta diarahkan pada sistem agroforestri atau vegetasi pelindung.

5. Kawasan Perlindungan Setempat, Mangrove, dan Badan Air

Kawasan ini harus diarahkan sebagai penyangga alami. Sempadan badan air, mangrove, dan kawasan perlindungan setempat tidak boleh dialihfungsikan menjadi kawasan terbangun. Pada kelas sedang dan tinggi, arahan utama berupa rehabilitasi vegetasi, penguatan sempadan, pelarangan penimbunan, serta pengendalian aktivitas yang dapat mengganggu fungsi hidrologis.

6. Kawasan Transportasi

Infrastruktur transportasi pada zona rendah dapat dikembangkan dengan tetap memperhatikan daya dukung lingkungan. Pada zona sedang dan tinggi, pembangunan harus dilengkapi kajian risiko, desain konstruksi adaptif, jalur alternatif, sistem drainase, dan rencana penanganan keadaan darurat. Infrastruktur vital pada zona tinggi perlu dikaji kemungkinan pengalihan trase.

7. Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit pada zona sedang dan tinggi harus memenuhi standar keselamatan infrastruktur kritis. Arahan zonasinya mencakup zona penyangga, perlindungan instalasi, jalur evakuasi, sistem operasi darurat, serta larangan pengembangan permukiman di sekitar fasilitas.

8. Kawasan Pertahanan dan Keamanan

Pemanfaatan tetap dapat dilakukan karena bersifat strategis, tetapi fasilitas pada kelas sedang dan tinggi wajib memiliki standar konstruksi tahan ancaman, sistem komunikasi darurat, jalur evakuasi, dan rencana keberlanjutan operasi.

9. Taman Nasional

Seluruh klas kerawanan tetap diarahkan untuk konservasi. Zona tinggi diprioritaskan sebagai zona inti atau zona perlindungan, sedangkan pemanfaatan wisata hanya dapat dilakukan secara terbatas pada lokasi yang aman dan telah dilengkapi prosedur keselamatan.

4.12. Arahkan Zonasi Pada Kawasan Eksisting Terdampak Banjir Bandang Tahun 2010

Kawasan yang termasuk dalam klas kerawanan banjir bandang merupakan kawasan terbangun eksisting sehingga arahan zonasi tidak dilakukan melalui pengosongan kawasan secara menyeluruh, melainkan menggunakan pendekatan adaptasi, pengendalian pemanfaatan ruang, dan pengurangan risiko bencana.

Pada klas kerawanan rendah, fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan secara terbatas. Pada klas kerawanan sedang, bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sementara itu, klas kerawanan tinggi diarahkan sebagai zona perlindungan khusus dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis. Dengan demikian, keberlanjutan kawasan terbangun tetap dapat dipertahankan tanpa mengabaikan aspek keselamatan masyarakat.

Adapun arahan zonasi berdasarkan kawasan terdampak pada banjir bandang tahun 2010, adalah sebagai berikut :

1. Kampung Rado

Pada klas kerawanan rendah dengan luas 0,44 Ha, untuk fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan secara terbatas. Untuk klas kerawanan sedang seluas 2,78 Ha, bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sedangkan pada klas kerawanan tinggi seluas 1,08 Ha diarahkan sebagai kawasan perlindungan dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis.

2. Kampung Moru

Pada klas kerawanan rendah dengan luas 0,55 Ha, untuk fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan secara terbatas. Untuk klas kerawanan sedang seluas 2,89 Ha, bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sedangkan pada klas kerawanan tinggi seluas 1,65 Ha diarahkan sebagai kawasan perlindungan dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis.

3. Kampung Wasior I/Kelurahan Wasior

Pada klas kerawanan rendah dengan luas 0,02 Ha, untuk fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan secara terbatas. Untuk klas kerawanan sedang seluas 18,49 Ha, bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sedangkan pada klas kerawanan tinggi seluas 4,39 Ha diarahkan sebagai kawasan perlindungan dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis.

4. Kampung Maniwak

Klas kerawanan rendah pada kampung Maniwak tidak terdapat, sehingga fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan. Untuk klas kerawanan sedang seluas 0,94 Ha, bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sedangkan pada klas kerawanan tinggi seluas 0,52 Ha diarahkan sebagai kawasan perlindungan dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis.

4.13. Arahkan Infrastruktur Mitigasi

Arahkan infrastruktur hijau meliputi rehabilitasi hutan dan vegetasi hulu, restorasi sempadan sungai, pembangunan taman riparian, perlindungan area resapan, kebun campuran dengan vegetasi permanen, ruang terbuka yang dapat berfungsi sebagai area limpasan terkendali, pengurangan permukaan kedap air.

Infrastruktur hijau diprioritaskan karena dapat memberikan manfaat tambahan berupa pengendalian suhu, peningkatan kualitas lingkungan, perlindungan biodiversitas, dan penguatan mata pencaharian.

Infrastruktur struktural dapat berupa sabo dam atau pengendali sedimen, penguatan tebing pada lokasi kritis, peningkatan bukaan jembatan, saluran pengarah pada lokasi tertentu, jalan dan jembatan tahan bencana, bangunan evakuasi, alat ukur hujan dan tinggi muka air.

Setiap pembangunan infrastruktur harus didahului kajian hidrologi, hidraulika, sedimentasi, geoteknik, dan dampak lingkungan. Infrastruktur tidak boleh hanya memindahkan risiko dari satu kampung ke kampung lain.

Untuk sistem peringatan dini diarahkan sebagai rangkaian yang mencakup pemantauan hujan dan kondisi sungai, penetapan ambang peringatan, pusat penerimaan dan pengolahan data, penyebaran informasi melalui sirene, radio, telepon, dan jaringan masyarakat, prosedur evakuasi, latihan berkala dan evaluasi pasca kejadian.

Informasi harus dapat diterima oleh penyandang gangguan pendengaran, penglihatan, lanjut usia, anak-anak, dan masyarakat yang tidak menggunakan telepon pintar. Oleh karena itu, sistem digital harus dilengkapi dengan sistem suara, visual, komunikasi langsung, dan jejaring komunitas.

4.14. Arahkan Relokasi yang Inklusif

Relokasi merupakan pilihan terakhir untuk kawasan dengan risiko yang tidak dapat diterima. Pelaksanaannya harus menjamin bahwa masyarakat tidak kehilangan hak, mata pencaharian, jaringan sosial, dan akses pelayanan.

Prinsip relokasi meliputi dilakukan berdasarkan persetujuan dan konsultasi bermakna, mengakui hak ulayat dan kepemilikan lokal,

menyediakan hunian yang layak, dekat dengan sumber mata pencaharian, memiliki akses pendidikan, kesehatan, pasar, dan transportasi, memperhatikan kebutuhan penyandang disabilitas, menjaga hubungan sosial dan budaya, memberikan kepastian status tanah, menyediakan dukungan ekonomi selama masa transisi, memantau kondisi masyarakat setelah relokasi.

4.15. Kelembagaan dan Implementasi

Pelaksanaan arahan zonasi membutuhkan koordinasi antara pemerintah kabupaten, pemerintah distrik, pemerintah kampung, BPBD, perangkat daerah bidang tata ruang, pekerjaan umum, lingkungan hidup, perumahan, sosial, kesehatan, pendidikan, serta lembaga adat dan masyarakat.

Peran masing-masing pihak diarahkan sebagai berikut pemerintah kabupaten menetapkan kebijakan, regulasi, anggaran, dan pengawasan, perangkat daerah tata ruang mengintegrasikan peta risiko ke dalam rencana rinci dan peraturan zonasi, BPBD mengembangkan peringatan dini, kesiapsiagaan, dan simulasi, dinas pekerjaan umum menangani infrastruktur dan sungai, dinas lingkungan hidup mengelola DAS, vegetasi, dan kualitas lingkungan, pemerintah distrik dan kampung mengoordinasikan masyarakat, lembaga adat memberikan pertimbangan terkait hak ulayat dan nilai lokal, masyarakat terlibat dalam pemantauan, perencanaan, dan evaluasi dan perguruan tinggi mendukung penelitian dan pembaruan data.

Implementasi zonasi perlu diperkuat melalui integrasi peta risiko ke dalam perizinan, pemeriksaan kesesuaian lokasi sebelum pembangunan, pengawasan bangunan pada sempadan, pemberian insentif untuk konservasi, disinsentif terhadap pembangunan pada zona rawan, pembaruan basis data geospasial, audit tata ruang secara berkala, mekanisme pengaduan masyarakat, publikasi peta risiko yang mudah dipahami, dan evaluasi secara berkala.

Penyelenggaraan penataan ruang pada dasarnya memerlukan pengaturan, pembinaan, pelaksanaan, dan pengawasan agar pemanfaatan ruang sesuai dengan rencana serta ketentuan yang berlaku.

4.16. Validasi Arah Zonasi

Validasi dilakukan melalui tiga pendekatan, yaitu validasi spasial, validasi empiris, dan validasi pemangku kepentingan.

Validasi spasial dilakukan dengan membandingkan peta kerawanan terhadap titik atau batas kejadian banjir bandang terdahulu. Dari 4 lokasi kejadian, sebanyak 2 titik atau 40% berada pada kelas tinggi dan sangat tinggi.

Validasi empiris dilakukan melalui observasi lapangan terhadap kondisi sungai, sedimentasi, bekas aliran, elevasi, bangunan, akses evakuasi, dan kondisi hulu.

Validasi pemangku kepentingan dilakukan melalui wawancara atau diskusi kelompok terarah dengan pemerintah, masyarakat adat, kelompok perempuan, penyandang disabilitas, pelaku usaha, dan masyarakat pada zona rawan.

Masukan utama masyarakat meliputi kebutuhan mempertahankan akses terhadap mata pencaharian, kejelasan status tanah relokasi, perlindungan hak ulayat, penyediaan jalan evakuasi, peningkatan sistem peringatan, pembangunan fasilitas umum pada lokasi aman, keterlibatan masyarakat dalam penentuan batas zona.

4.17. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir bandang Distrik Wasior dibentuk oleh hubungan antara wilayah hulu yang curam, akumulasi aliran tinggi, potensi longsor, koridor sungai, dan perkembangan permukiman pada dataran rendah. Dengan demikian, banjir bandang tidak dapat dipahami hanya sebagai luapan sungai, melainkan sebagai proses bentang alam yang menghubungkan hulu, jalur aliran, dan wilayah pengendapan.

Temuan ini mendukung penggunaan pendekatan DAS dalam pengaturan zonasi. Pembatasan pembangunan hanya pada tepi sungai tidak cukup apabila wilayah hulu terus mengalami degradasi. Sebaliknya,

perlindungan hulu saja juga tidak cukup apabila permukiman terus bertambah pada jalur aliran historis.

Pengaturan zonasi berbasis risiko memungkinkan setiap bagian wilayah memperoleh perlakuan berbeda. Zona sumber diarahkan untuk konservasi, zona lintasan untuk perlindungan koridor, zona sangat tinggi untuk pengurangan keterpaparan, zona sedang untuk pembangunan bersyarat, dan zona rendah untuk pengembangan terarah.

Pendekatan tersebut juga memperlihatkan bahwa pembangunan yang aman tidak selalu identik dengan pelarangan. Pada zona tertentu, pemanfaatan ruang masih dapat dilakukan apabila intensitasnya dibatasi dan dilengkapi dengan mitigasi. Namun, pada jalur aliran utama dan zona risiko sangat tinggi, perlindungan jiwa harus menjadi pertimbangan utama.

Aspek inklusivitas menjadi penting karena kebijakan tata ruang dapat menghasilkan dampak yang berbeda bagi setiap kelompok. Larangan membangun atau relokasi dapat melindungi masyarakat dari bencana, tetapi juga dapat menimbulkan ketidakadilan apabila tidak disertai kepastian tanah, akses mata pencaharian, dan pelayanan dasar.

Oleh karena itu, tata ruang inklusif mensyaratkan partisipasi bermakna, keterbukaan informasi, aksesibilitas universal, dan perlindungan kelompok rentan. Masyarakat tidak hanya ditempatkan sebagai penerima kebijakan, tetapi sebagai pemilik pengetahuan dan mitra dalam pengelolaan risiko.

Aspek adaptasi iklim menuntut agar pengaturan ruang tidak hanya didasarkan pada kejadian masa lalu. Ketidakpastian hujan ekstrem dan perubahan kondisi DAS harus diantisipasi melalui faktor keamanan, perlindungan ruang air, pengendalian kepadatan, infrastruktur hijau, dan evaluasi berkala.

Dengan demikian, arahan zonasi yang dihasilkan tidak bersifat statis. Batas zona dan ketentuannya perlu diperbarui sesuai perubahan tutupan lahan, sistem sungai, iklim, pertumbuhan penduduk, dan hasil pemantauan.

4.18. Sintesis Hasil Penelitian

Berdasarkan keseluruhan analisis, diperoleh beberapa temuan utama. Pertama, kerawanan tinggi dan sangat tinggi terkonsentrasi pada kawasan cagar alam, dan wilayah yang memiliki hubungan langsung dengan lereng serta potensi longsor di bagian hulu.

Kedua, risiko tertinggi terdapat pada kawasan yang tidak hanya memiliki kerawanan fisik tinggi, tetapi juga dihuni secara padat, memiliki kelompok rentan, dan mempunyai akses evakuasi terbatas.

Ketiga, terdapat ketidaksesuaian pemanfaatan ruang berupa permukiman dan fasilitas pada zona risiko tinggi dan sangat tinggi.

Keempat, kawasan aman untuk pengembangan tersedia pada Kampung Maniwak, tetapi pemanfaatannya harus memperhatikan daya dukung, hak masyarakat adat, akses pelayanan, dan keberlanjutan mata pencaharian.

Kelima, pengaturan zonasi yang diperlukan harus menggabungkan perlindungan hulu, pengamanan koridor sungai, pengendalian kawasan terbangun, penyediaan ruang evakuasi, dan relokasi terbatas pada zona yang risikonya tidak dapat diterima.

Keenam, tata ruang yang inklusif memerlukan perlindungan kelompok rentan, aksesibilitas universal, partisipasi masyarakat adat, keadilan relokasi, dan keterbukaan informasi risiko.

Ketujuh, tata ruang adaptif iklim memerlukan ruang yang cukup bagi air, perlindungan ekosistem, standar bangunan adaptif, sistem peringatan dini, dan pembaruan zonasi secara berkala.

Berdasarkan sintesis tersebut, arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior dirumuskan sebagai instrumen untuk mengurangi risiko eksisting, mencegah pembentukan risiko baru, meningkatkan kapasitas adaptasi, dan menciptakan struktur ruang yang lebih aman, inklusif, serta tangguh terhadap perubahan iklim.

4.19. Arahan Kegiatan Pemanfaatan Ruang Berdasarkan Tabel ITBX

Tabel ITBX merupakan instrumen pengendalian pemanfaatan ruang yang digunakan untuk menentukan tingkat kesesuaian suatu kegiatan pada

setiap pola ruang. Penyusunan tabel ini dilakukan dengan mengintegrasikan rencana pola ruang dan tingkat kerawanan banjir bandang yang terdiri atas kelas rendah, sedang, dan tinggi. Melalui pendekatan tersebut, setiap kegiatan diklasifikasikan menjadi kegiatan yang diizinkan, diizinkan secara terbatas, diizinkan dengan persyaratan tertentu, atau tidak diizinkan.

Kode I menunjukkan bahwa suatu kegiatan diizinkan karena sesuai dengan fungsi utama pola ruang dan tingkat kerawanan banjir bandang. Meskipun demikian, pelaksanaannya tetap harus mengikuti ketentuan umum peraturan zonasi, sempadan sungai, sistem drainase, konservasi tanah dan air, serta ketentuan teknis lain yang berlaku.

Kode T menunjukkan kegiatan yang diizinkan secara terbatas. Pembatasan dapat berupa pembatasan luas, intensitas, kepadatan, lokasi, jenis bangunan, jumlah pengguna, dan waktu pelaksanaan kegiatan. Dalam kawasan dengan kerawanan banjir bandang sedang, kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan, dan pariwisata alam masih dapat dilaksanakan secara terbatas selama tidak meningkatkan erosi, mengurangi tutupan vegetasi, mempersempit alur sungai, atau menambah jumlah penduduk yang terpapar bencana.

Kode B menunjukkan kegiatan yang dapat dilaksanakan apabila memenuhi persyaratan mitigasi banjir bandang. Persyaratan tersebut meliputi kajian risiko bencana, analisis hidrologi dan hidraulika, penyediaan jalur evakuasi, sistem peringatan dini, perlindungan struktur terhadap gerusan dan material hanyutan, serta rekomendasi dari instansi teknis terkait. Persyaratan tambahan juga diperlukan untuk kegiatan yang berada di kawasan lindung, sempadan sungai, atau kawasan dengan fungsi strategis.

Sementara itu, kode X menunjukkan kegiatan yang tidak diizinkan karena tidak sesuai dengan fungsi dasar pola ruang atau berpotensi meningkatkan risiko korban jiwa, kerusakan bangunan, dan kerugian lingkungan. Kegiatan yang tidak diizinkan terutama meliputi pembangunan permukiman baru, fasilitas pendidikan dan kesehatan, industri berisiko, penyimpanan bahan berbahaya, serta bangunan berkapasitas besar pada kawasan dengan kerawanan banjir bandang tinggi.

Pada kawasan dengan kerawanan banjir bandang rendah, sebagian besar kegiatan yang sesuai dengan fungsi pola ruang dapat diizinkan. Permukiman, perdagangan dan jasa, fasilitas pelayanan umum, kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan, serta pembangunan infrastruktur dapat dikembangkan sesuai ketentuan zonasi.

Walaupun risikonya relatif rendah, kegiatan pembangunan tetap harus menjaga kapasitas drainase, daerah resapan, sempadan sungai, dan tutupan vegetasi. Pembangunan tidak boleh mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan, sedimentasi, atau penyempitan alur sungai yang dapat meningkatkan kerawanan di wilayah lain.

Pada kawasan dengan kerawanan sedang, pemanfaatan ruang harus dilakukan secara lebih terkendali. Kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan, dan wisata alam dapat dilakukan secara terbatas dengan menerapkan konservasi tanah dan air. Pembukaan lahan berskala luas, penghilangan vegetasi sempadan, dan pembangunan pada jalur aliran banjir harus dihindari.

Permukiman, fasilitas pelayanan umum, perdagangan, perkantoran, pembangkit listrik, dan infrastruktur transportasi dikategorikan sebagai kegiatan bersyarat. Pengembangannya harus didukung kajian risiko banjir bandang dan dilengkapi langkah mitigasi, seperti peninggian lantai bangunan, perlindungan fondasi dari gerusan, penempatan utilitas pada lokasi yang aman, sistem peringatan dini, serta jalur evakuasi menuju tempat yang lebih tinggi.

Fasilitas yang menampung kelompok rentan, seperti sekolah, rumah sakit, panti, dan fasilitas berkapasitas besar, harus mendapatkan perhatian khusus. Pembangunannya hanya dapat dipertimbangkan apabila tersedia bukti teknis bahwa lokasi aman dan proses evakuasi dapat dilakukan dalam waktu yang memadai.

Kawasan dengan kerawanan banjir bandang tinggi diarahkan untuk fungsi perlindungan, konservasi, rehabilitasi daerah aliran sungai, ruang terbuka, koridor aliran banjir, dan pembangunan sarana mitigasi. Kegiatan

yang meningkatkan kepadatan penduduk dan nilai aset terpapar pada prinsipnya tidak diperbolehkan.

Pembangunan permukiman baru, rumah susun, sekolah, rumah sakit, hotel, industri, gudang bahan berbahaya, pembangkit listrik baru, dan fasilitas berkapasitas besar dikategorikan tidak diizinkan. Bangunan eksisting dapat dipertahankan secara terbatas selama masa transisi dengan persyaratan mitigasi yang ketat dan diarahkan untuk direlokasi secara bertahap ke lokasi yang lebih aman.

Infrastruktur jalan, jembatan, jaringan utilitas, dan fasilitas strategis hanya dapat dibangun apabila tidak terdapat lokasi alternatif. Infrastruktur tersebut harus dirancang agar tahan terhadap gerusan, sedimentasi, tumbukan material hanyutan, dan terputusnya akses. Pembangunannya juga tidak boleh mengurangi kapasitas penampang sungai atau mengalihkan aliran ke kawasan permukiman.

Pada badan air, kawasan perlindungan setempat, cagar alam, ekosistem mangrove, dan taman nasional, kegiatan utama yang diperbolehkan adalah konservasi, rehabilitasi ekosistem, penelitian, pemantauan bencana, serta pembangunan sarana mitigasi yang tidak merusak fungsi kawasan. Penimbunan, penyempitan, dan pembangunan yang menghambat aliran air tidak diperbolehkan pada seluruh klas kerawanan.

Kawasan hutan produksi terbatas, perkebunan, dan tanaman pangan masih dapat dimanfaatkan sesuai fungsi dasarnya. Namun, pada tingkat kerawanan sedang dan tinggi, pola pemanfaatannya perlu diarahkan pada agroforestri, konservasi tanah dan air, pemeliharaan vegetasi, serta pembatasan bangunan permanen.

Kawasan permukiman perkotaan memerlukan pengendalian yang paling ketat karena berhubungan langsung dengan keselamatan penduduk. Permukiman pada kerawanan rendah dapat dikembangkan sesuai ketentuan zonasi, sedangkan pada kerawanan sedang hanya diperbolehkan dengan persyaratan mitigasi. Pada kerawanan tinggi, pembangunan permukiman baru dan penambahan kepadatan tidak diizinkan.

Adapun tabel ITB sebagai berikut :

No.	Kategori kegiatan	Jenis kegiatan	Badan Air		Cagar Alam		Mangrove		Hutan Prok. Tumbuhan		Pembangkang Listrik		Perkebunan		Perikanan Sempit		Perumahan		Perubahan Kemanan		Tanaman Pangan		Transportasi		Taman Nasional						
			R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T					
1	Perindungan & air	Konservasi badan air dan kondisi sungai	I	I	I	I	I	I	I	T	B	X	X	X	T	B	I	I	X	X	X	X	X	T	B	X	X	I	I	I	
2		Rehabilitasi DAS, rehabilitasi dan revegetasi	B	B	B	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	X	X	X	X	T	T	B	X	X	X	I	I	
3		Rehabilitasi dan perindungan mangrove	B	B	B	I	I	I	I	I	X	X	X	X	X	X	X	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T	B	
4		Bangunan pengendali banjir, subabuck dam dan pengendali sedimen	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
5		Sistem pengirangan diri dan pemertanian banjir bandang	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
6		Penilaian dan pendididn lingkungan	T	T	B	I	I	I	I	I	I	I	X	X	I	I	I	I	I	X	X	I	I	T	T	B	I	I	I	I	
7	Peranian & kehutanan	Budidaya tanaman pangan	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	T	B	B	X	X	X	T	B	B	X	X	X	X	X	X	X	
8		Perkebunan	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	I	T	B	X	X	X	X	X	X	T	B	B	X	X	X	X	
9		Kegiatan produksi berbasis	X	X	X	X	X	X	X	I	T	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10		Aqronvesti dan konservasi tanah-air	X	X	X	T	B	B	X	X	X	I	T	B	X	X	T	B	B	X	X	X	X	X	I	T	B	X	X	T	B
11	Perumahan & pelayanan	Rumah tinggal kepadatan rendah	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	B	B	X	X	X	X	X	
12		Perumahan kepadatan sedang-drogg dan rumah susun	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
13		Perdagangan dan jasa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	T	B	X	X	
14		Perkembangan dan fasilitas pemerintahan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	I	B	X	X	X	X	T	B	X	X	
15		Fasilitas pendidikan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	
16		Fasilitas kesehatan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	
17		Fasilitas peribadatan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	
18		Ruang terbuka hijau dan taman kota	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	T	T	B	T	T	B	X	
19	Perkotaan	Waktu alam tanpa bangunan permanen	T	B	B	T	B	B	T	B	B	X	X	T	B	B	X	X	X	T	B	B	T	B	B	T	B	B	T	B	
20		Almooasi, hotel dan fasilitas wisata permanen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	I	B	X	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	
21	Indukti & utilitas	Indukti pengalihan non-B3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	X	
22		Pengalihan dan logistik	X</																												

91

Bab V

Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Arahan Pengaturan Zonasi Distrik Wasior melalui Mitigasi Risiko Banjir Bandang, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior dipengaruhi oleh keterkaitan kondisi fisik wilayah dari bagian hulu hingga hilir. Faktor-faktor utama yang memengaruhi kerawanan meliputi curah hujan, kemiringan lereng, akumulasi aliran, jarak terhadap sungai, tutupan lahan, potensi longsor, kondisi tanah atau geologi, serta bentuk topografi.
2. Bagian hulu Distrik Wasior yang memiliki lereng curam, curah hujan tinggi, dan potensi longsor berperan sebagai zona pembentukan aliran sekaligus sumber material berupa tanah, batu, sedimen, dan kayu. Koridor sungai dan lembah menjadi zona lintasan aliran, sedangkan wilayah dataran rendah, mulut lembah, pertemuan sungai, dan kawasan yang mengalami perubahan lereng menjadi zona penerima serta pengendapan material banjir bandang.
3. Hasil analisis Sistem Informasi Geografis menunjukkan bahwa kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior terbagi menjadi kelas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Kelas tinggi dan sangat tinggi secara umum terkonsentrasi pada koridor sungai utama dan anak sungai wilayah yang berdekatan dengan badan sungai, pertemuan beberapa aliran, mulut Lembah, kawasan dengan akumulasi aliran tinggi, bagian hilir yang menerima aliran langsung dari daerah tangkapan di hulu dan lokasi yang secara historis pernah mengalami dampak banjir bandang.
4. Kelas kerawanan sedang dan tinggi pada kawasan permukiman perkotaan memiliki luas sebesar 779,00 hektar atau sekitar 27,24% dari luas rencana pola ruang kawasan permukiman perkotaan.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa kerawanan banjir bandang di Distrik Wasior tidak hanya ditentukan oleh kedekatan terhadap sungai. Kerawanan juga dibentuk oleh hubungan antara kondisi daerah tangkapan air, lereng, jaringan aliran, tutupan lahan, serta perkembangan kawasan terbangun.

Hasil tumpang susun antara peta penggunaan lahan, pola ruang, dan peta risiko banjir bandang menunjukkan bahwa sebagian pemanfaatan ruang di Distrik Wasior belum sepenuhnya sesuai dengan prinsip mitigasi bencana. Ketidaksesuaian tersebut ditunjukkan oleh keberadaan seperti permukiman di dalam klas kerawan sedang dan tinggi, bangunan yang berada dekat dengan badan sungai, fasilitas umum dan sosial pada kawasan yang sulit dievakuasi, perkembangan kawasan terbangun pada jalur aliran atau dataran banjir, bangunan yang berpotensi mempersempit ruang sungai, penggunaan lahan budidaya pada kawasan yang memiliki fungsi perlindungan hulu dan keterbatasan ruang terbuka yang dapat berfungsi sebagai ruang air dan ruang evakuasi.

Selain itu, terdapat 5 fasilitas pendidikan, 3 fasilitas kesehatan, 4 fasilitas pemerintahan, serta sekitar 14 kilometer jaringan jalan yang berada pada zona tersebut.

Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pengendalian pemanfaatan ruang perlu dilakukan tidak hanya melalui pembangunan infrastruktur pengendali banjir, tetapi juga melalui pengaturan fungsi ruang, pembatasan intensitas pembangunan, perlindungan koridor sungai, serta pengurangan keterpaparan secara bertahap.

Hasil analisis kebijakan menunjukkan bahwa RTRW Kabupaten Teluk Wondama Tahun 2012–2031 telah mengakomodasi mitigasi risiko banjir bandang melalui penetapan kawasan rawan banjir dan longsor, pengaturan sempadan sungai, pembangunan infrastruktur pengendalian, pemantauan sungai, penghijauan, sistem peringatan dini, serta jalur dan ruang evakuasi. Distrik Wasior secara eksplisit termasuk dalam kawasan yang memiliki kerawanan banjir dan longsor. Akan tetapi, kebijakan tersebut masih bersifat umum dan belum sepenuhnya diterjemahkan ke dalam delineasi zona sumber, lintasan, dan terdampak, ketentuan pemanfaatan ruang menurut tingkat risiko,

penanganan bangunan eksisting, serta pengaturan yang melindungi kelompok rentan dan mengantisipasi perubahan iklim. Oleh karena itu, kebijakan tata ruang dinilai cukup mengakomodasi mitigasi secara normatif, tetapi belum sepenuhnya operasional, inklusif, dan adaptif iklim.

Arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior disusun berdasarkan tingkat kerawanan, risiko, kemampuan lahan, keterpaparan, kerawanan sosial, dan kebutuhan masyarakat.

Arahan zonasi pada klas kerawanan rendah untuk fungsi permukiman dan kegiatan masyarakat yang telah berkembang dapat dipertahankan serta dikembangkan secara terbatas. Untuk klas kerawanan sedang bangunan eksisting dapat dipertahankan dengan persyaratan peningkatan ketahanan bangunan, pembatasan kepadatan, perbaikan sistem drainase, dan penyediaan sarana evakuasi. Sedangkan pada klas kerawanan tinggi diarahkan sebagai kawasan perlindungan dengan pembatasan pembangunan baru dan perluasan bangunan. Bangunan eksisting pada klas tersebut hanya dapat dipertahankan secara bersyarat apabila tidak berada pada badan sungai atau jalur utama aliran banjir serta telah dilengkapi upaya mitigasi struktural dan nonstruktural. Relokasi dilakukan secara selektif terhadap bangunan yang berada pada lokasi berisiko sangat tinggi atau tidak memungkinkan untuk diperkuat secara teknis.

5.2. Rekomendasi

Pemerintah Kabupaten Teluk Wondama perlu mengintegrasikan peta kerawanan, risiko, dan arahan zonasi banjir bandang ke dalam dokumen perencanaan dan pengendalian pemanfaatan ruang, terutama Rencana Tata Ruang Wilayah, Rencana Detail Tata Ruang, peraturan zonasi, rencana pembangunan daerah, dan dokumen penanggulangan bencana.

Rekomendasi yang perlu dilaksanakan meliputi menetapkan koridor sungai dan jalur historis banjir bandang sebagai kawasan yang dilindungi dari pembangunan permanen, melakukan peninjauan terhadap izin pembangunan pada klas kerawanan sedang dan tinggi, menghentikan pemberian izin permukiman serta fasilitas vital baru pada klas kerawanan sedang dan tinggi

menyusun ketentuan khusus tentang intensitas pemanfaatan ruang berdasarkan tingkat kerawanan, menyediakan kawasan aman untuk pengembangan permukiman dan fasilitas pelayanan, menyusun program relokasi secara bertahap bagi bangunan yang berada pada jalur aliran utama, memastikan kawasan relokasi memiliki status tanah yang jelas, menyediakan dukungan mata pencaharian bagi masyarakat yang direlokasi, meningkatkan koordinasi antarperangkat daerah, dan memperbarui basis data geospasial secara berkala.

Pemerintah daerah juga perlu menetapkan mekanisme pengawasan dan sanksi terhadap pembangunan yang melanggar sempadan sungai, mempersempit alur, menutup saluran, atau meningkatkan risiko bagi kawasan di sekitarnya.

Perangkat daerah yang menangani tata ruang perlu menjadikan peta kerawanan sebagai salah satu dasar dalam penerbitan persetujuan kesesuaian kegiatan pemanfaatan ruang dan izin pembangunan.

Setiap rencana pembangunan pada zona risiko sedang dan tinggi perlu disertai kajian hidrologi dan hidraulika, kajian stabilitas lereng apabila berada dekat wilayah perbukitan, rencana drainase, rencana evakuasi, standar elevasi lantai, penyediaan ruang terbuka dan resapan, pemeriksaan terhadap jalur aliran mikro, analisis dampak terhadap kawasan di bagian hilir, penerapan aksesibilitas universal dan rencana pengelolaan kondisi darurat.

Batas zona perlu dipasang pada sistem informasi geospasial pemerintah dan dapat diakses oleh masyarakat secara terbuka.

Perangkat daerah yang menangani penanggulangan bencana perlu memperkuat sistem peringatan dini banjir bandang yang terintegrasi dari wilayah hulu hingga kawasan permukiman.

Sistem tersebut perlu mencakup alat pengukur curah hujan otomatis, alat pemantau tinggi muka air, pemantauan longsor dan penyumbatan sungai, penetapan ambang peringatan, pusat pengolahan informasi, sirene dan komunikasi berbasis radio, pesan peringatan melalui jaringan telepon, jaringan komunikasi masyarakat, prosedur evakuasi dan simulasi secara berkala.

Peringatan harus disampaikan dalam bentuk suara, visual, tulisan, dan komunikasi langsung agar dapat diterima oleh seluruh kelompok, termasuk masyarakat yang tidak memiliki telepon pintar dan penyandang disabilitas.

Dinas yang menangani pekerjaan umum perlu melakukan evaluasi teknis terhadap kapasitas sungai, jembatan, gorong-gorong, saluran, dan infrastruktur lain yang berada pada koridor banjir bandang.

Prioritas kegiatan meliputi pemeriksaan bukaan jembatan, penanganan penyempitan sungai, pengendalian sedimentasi, perlindungan tebing pada lokasi kritis, peningkatan ketahanan jalan dan jembatan, pembangunan jalur evakuasi, penyediaan akses menuju tempat evakuasi, pemasangan rambu, pembangunan pengendali sedimen berdasarkan kajian teknis dan pemeliharaan jalur inspeksi.

Pembangunan struktur pengendali tidak boleh dilakukan secara parsial karena dapat memindahkan aliran dan meningkatkan risiko pada wilayah lain. Setiap intervensi harus didasarkan pada analisis DAS dan pemodelan hidraulika.

Pengelolaan lingkungan perlu diprioritaskan pada wilayah hulu dan sempadan sungai. Program utama yang perlu dilakukan adalah rehabilitasi hutan dan lahan, penanaman vegetasi lokal pada lereng kritis, perlindungan mata air, restorasi vegetasi riparian, pengendalian pembukaan lahan, pengawasan aktivitas penebangan, pengendalian erosi, pemantauan sedimentasi, perlindungan kawasan resapan, pengelolaan sampah agar tidak menyumbat aliran.

Masyarakat adat dan pemilik hak ulayat perlu dilibatkan dalam penetapan dan pengelolaan kawasan perlindungan.

Pemerintah distrik dan kampung perlu menjadi penghubung antara kebijakan pemerintah kabupaten dan kebutuhan masyarakat.

Kegiatan yang direkomendasikan meliputi membentuk kelompok siaga bencana, mendata kelompok rentan, menyusun daftar penduduk yang membutuhkan bantuan evakuasi, menentukan jalur dan tempat evakuasi, menyelenggarakan simulasi, memasang rambu, menjaga jalur evakuasi agar tidak terhalang, menyampaikan informasi risiko kepada pendatang baru,

mengawasi pembangunan di dekat sungai dan mendokumentasikan perubahan kondisi sungai dan lereng.

Pemerintah kampung perlu menyusun prosedur khusus untuk membantu anak-anak, lanjut usia, penyandang disabilitas, orang sakit, dan perempuan hamil selama evakuasi.

Masyarakat perlu dilibatkan sebagai pelaku utama pengurangan risiko. Bentuk keterlibatan yang direkomendasikan meliputi mengenali tanda-tanda banjir bandang, mengetahui jalur dan titik evakuasi, mengikuti latihan evakuasi, tidak membangun pada jalur aliran, tidak membuang sampah ke sungai, menjaga vegetasi pada tepi sungai dan lereng, melaporkan longsor atau penyumbatan, menyiapkan perlengkapan darurat keluarga, membantu anggota masyarakat yang rentan dan menjaga sistem peringatan dan fasilitas evakuasi.

Pengetahuan lokal mengenai sejarah aliran, tanda alam, dan lokasi aman perlu didokumentasikan serta dipadukan dengan informasi ilmiah.

Relokasi hanya diprioritaskan untuk bangunan yang berada pada zona risiko sangat tinggi dan tidak memungkinkan untuk dilindungi melalui tindakan mitigasi yang layak.

Pelaksanaan relokasi harus memenuhi prinsip, sukarela dan melalui konsultasi bermakna, tidak menghilangkan hak masyarakat, mengakui hak ulayat, menyediakan kepastian status tanah, menyediakan hunian layak, dekat dengan sumber penghidupan, memiliki akses pendidikan dan Kesehatan, memiliki akses transportasi dan pasar, mempertahankan jaringan sosial dan memberikan dukungan selama masa transisi.

Relokasi tidak boleh hanya memindahkan bangunan, tetapi harus memulihkan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat.

Kawasan dengan risiko rendah dan sangat rendah perlu dipersiapkan sebagai wilayah pengembangan terarah. Pengembangan tersebut harus didahului dengan pemeriksaan kesesuaian geologi dan hidrologi, penyelesaian status tanah, persetujuan masyarakat adat, penyediaan jaringan jalan, penyediaan air bersih, pembangunan fasilitas pendidikan dan Kesehatan, penyediaan ruang terbuka, sistem drainase berwawasan

lingkungan, aksesibilitas bagi penyandang disabilitas, perlindungan terhadap risiko bencana lainnya.

Pengembangan kawasan aman harus dilakukan secara bertahap agar tidak menimbulkan permukiman baru yang tidak terkendali.

5.3. Saran

Arahan pengaturan zonasi Distrik Wasior melalui mitigasi risiko banjir bandang merupakan upaya untuk menghubungkan pengurangan risiko bencana dengan kebijakan pemanfaatan ruang. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan mengurangi kerusakan ketika bencana terjadi, tetapi juga mencegah terbentuknya keterpaparan dan kerawanan baru.

Keberhasilan pelaksanaannya bergantung pada komitmen pemerintah daerah, koordinasi antarinstansi, keterlibatan masyarakat adat dan lokal, ketersediaan data, konsistensi pengawasan, serta keberpihakan kepada kelompok rentan.

Melalui perlindungan wilayah hulu, pengamanan koridor sungai, pengendalian pembangunan, penyediaan kawasan aman, penguatan sistem peringatan dini, dan penerapan prinsip inklusivitas serta adaptasi iklim, Distrik Wasior diharapkan dapat berkembang sebagai wilayah yang lebih aman, adil, tangguh, dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2010). *Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Pascabencana Banjir Bandang Wasior Kabupaten Teluk Wondama 2010-2012*
- BPBD Kabupaten Teluk Wondama., (2023). *Laporan Tahunan Penanggulangan Bencana Kabupaten Teluk Wondama Tahun 2023*
- ESRI. (2023). *ArcGIS Desktop 10.8 User Guide*. Redlands, California
- Maryono A. (2017). *Ekohidraulik untuk Pengelolaan Sungai dan Lingkungan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Paimin H. Suhendang E., & Sudarmadji E., (2010). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Prinsip, Konsep, dan Implementasi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan
- Soewarno. (2016). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data dan Perhitungan Hidrologi*. Bandung: Nova
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR)., (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva: United Nations
- Creswell J.W. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications
- Aronoff S. (2009). *Geographic Information Systems: A Management Perspective* (2nd ed.). Ottawa: WDL Publications
- Goodchild M. F. (2007). *Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography*. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Anguelovski, I., Connolly, J. J., & Brand, A. L. (2016). From landscapes of utopia to the margins of the green urban life. *City*, 20(3), 417–436.
- Ashley, R., et al. (2020). Flood risk management and the role of spatial planning. *Journal of Flood Risk Management*, 13(2).
- Davoudi, S., et al. (2012). Resilience: A bridging concept or a dead end? *Planning Theory & Practice*, 13(2), 299–333.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49.

Ziervogel, G., et al. (2017). Inserting rights and justice into urban resilience. *Environment and Urbanization*, 29(1), 123–138.

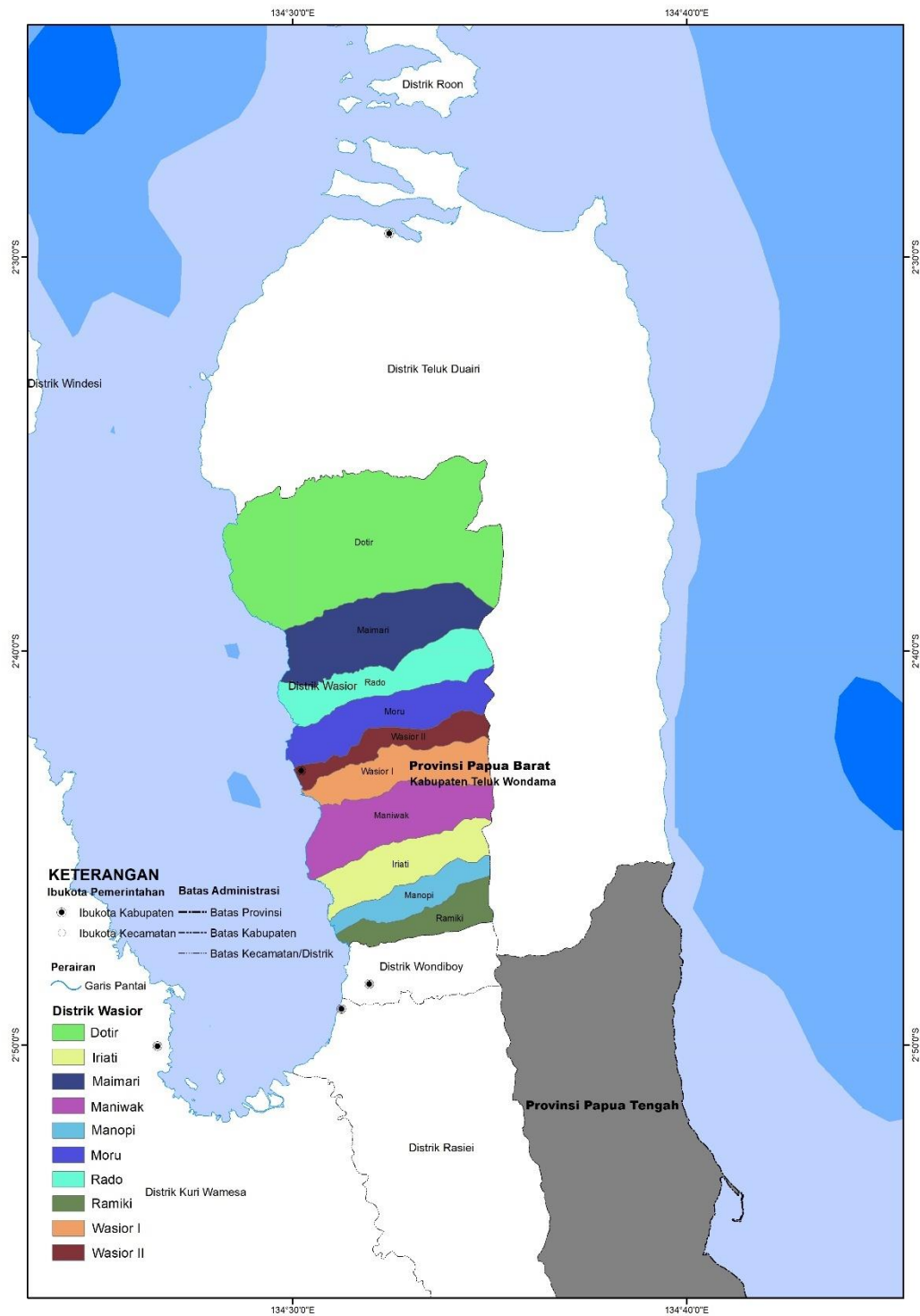
Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022*.

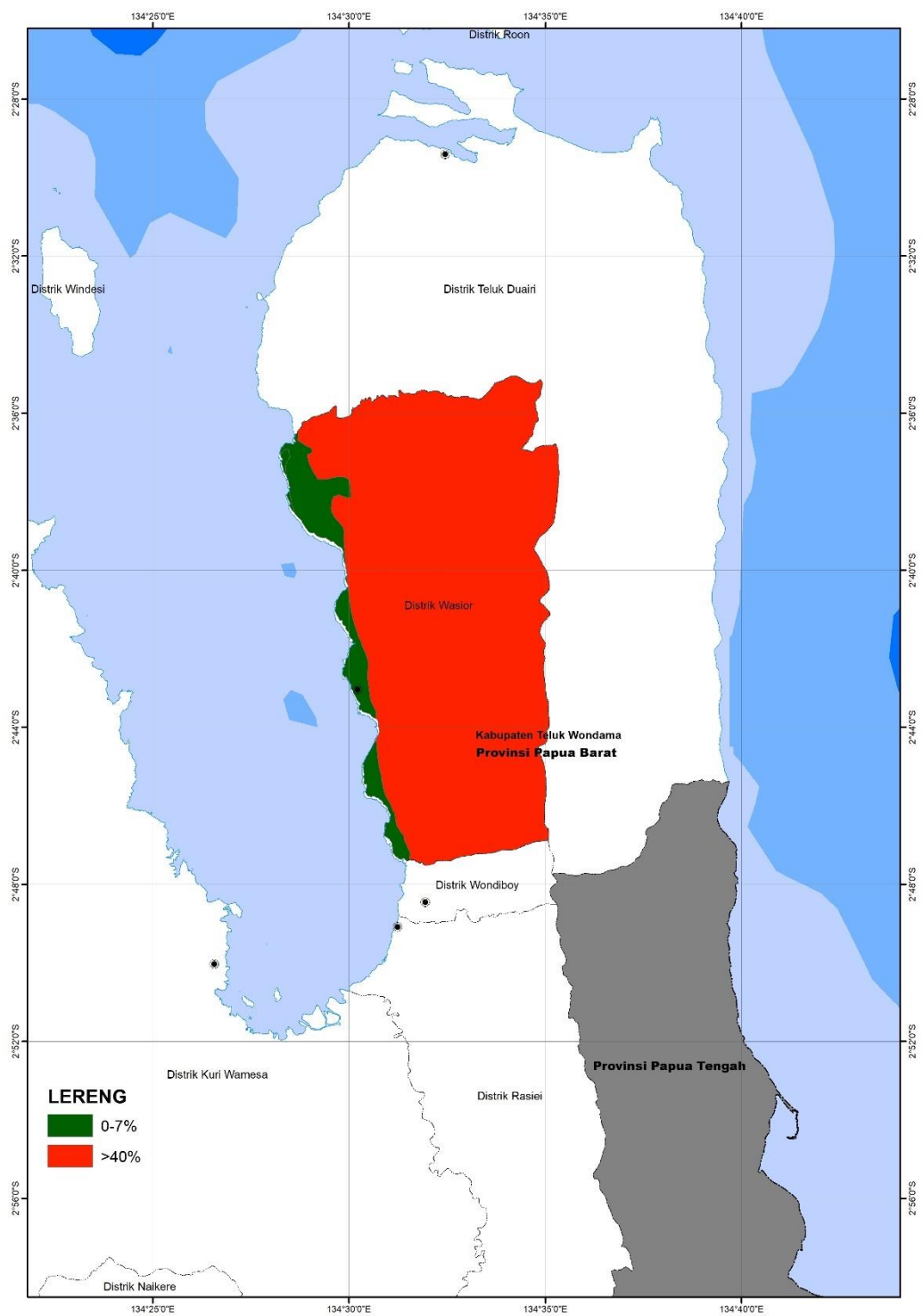
United Nations Human Settlements Programme. (2020). *World Cities Report 2020*.

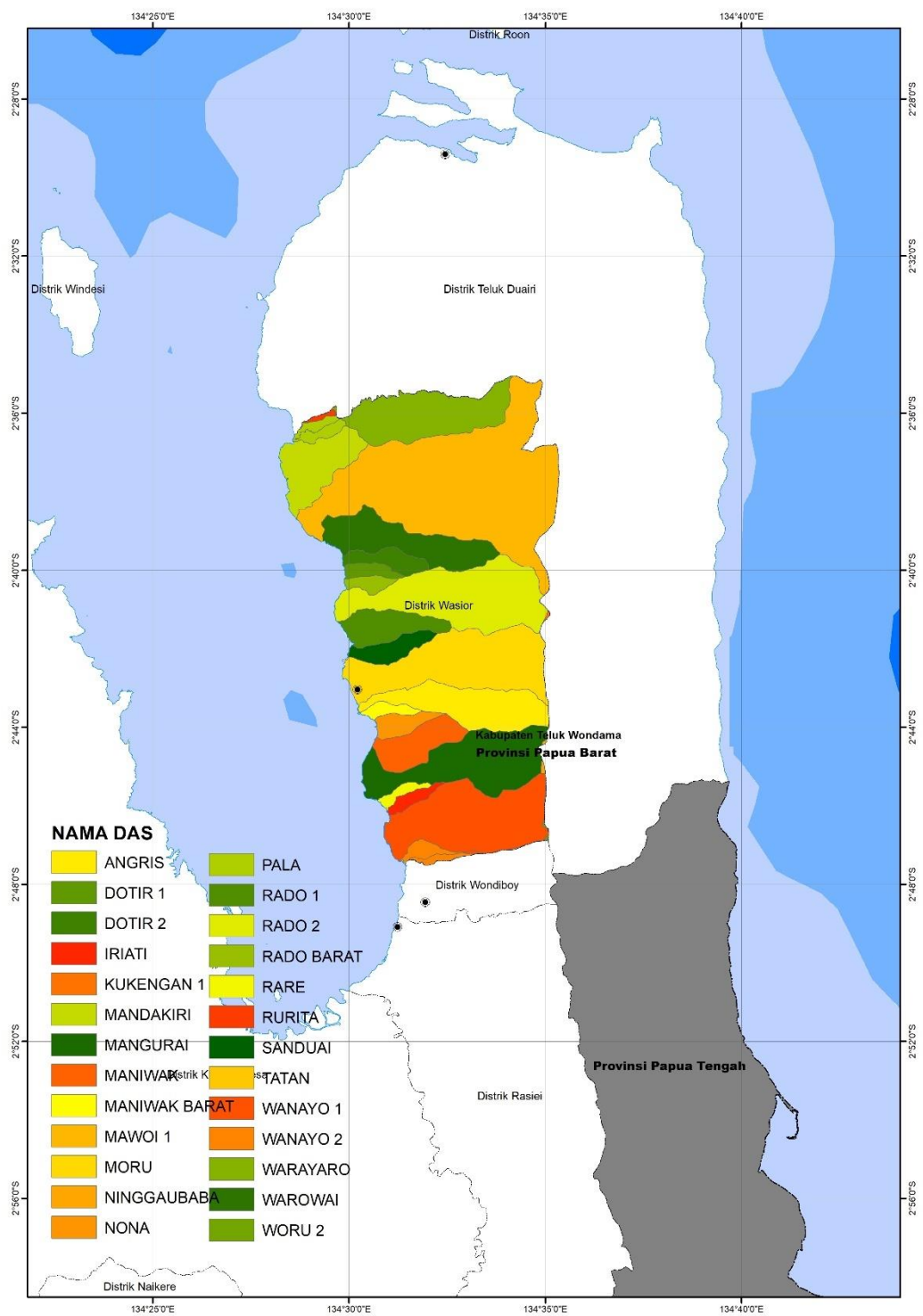
United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework*.

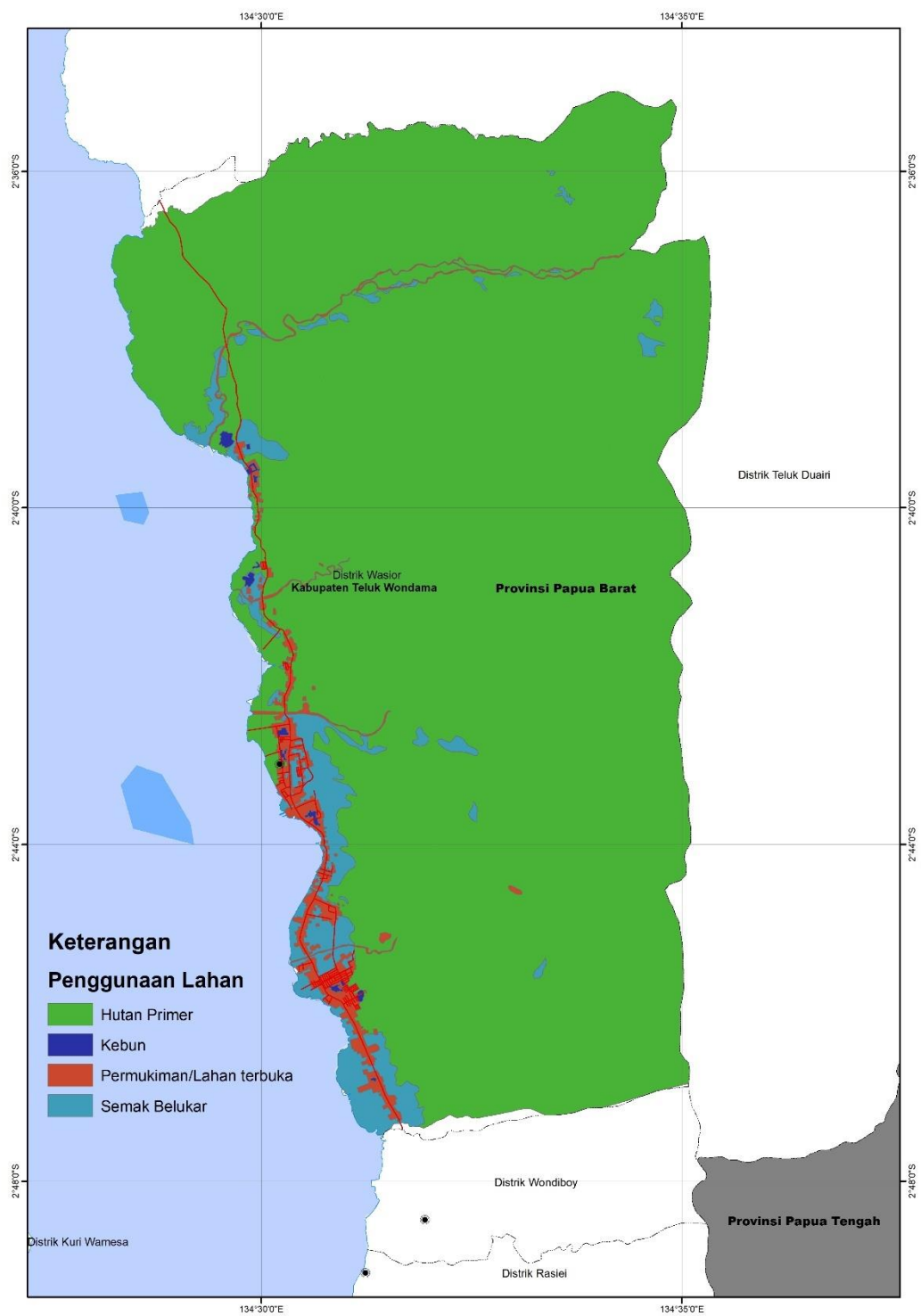
Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007.

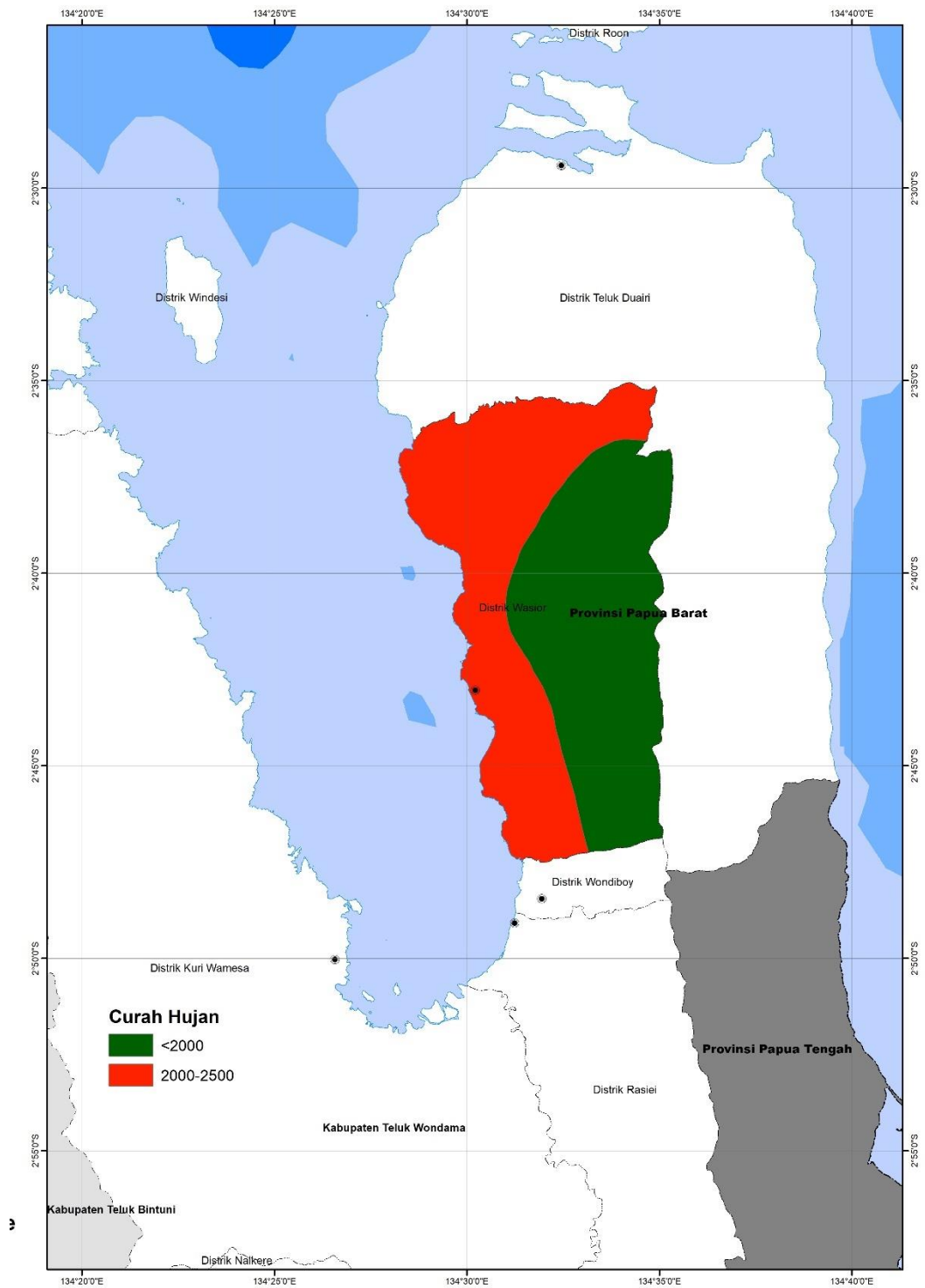
LAMPIRAN

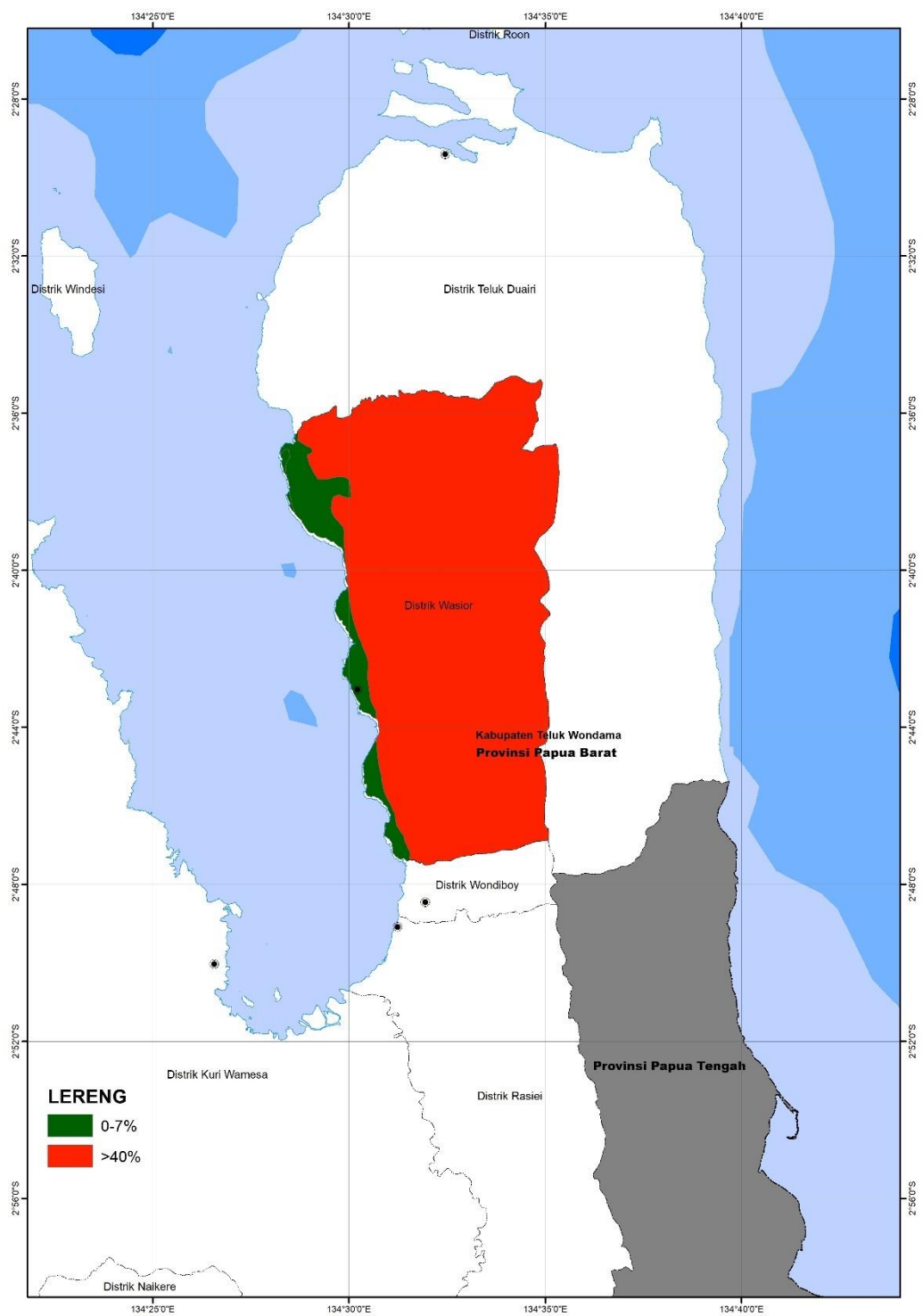


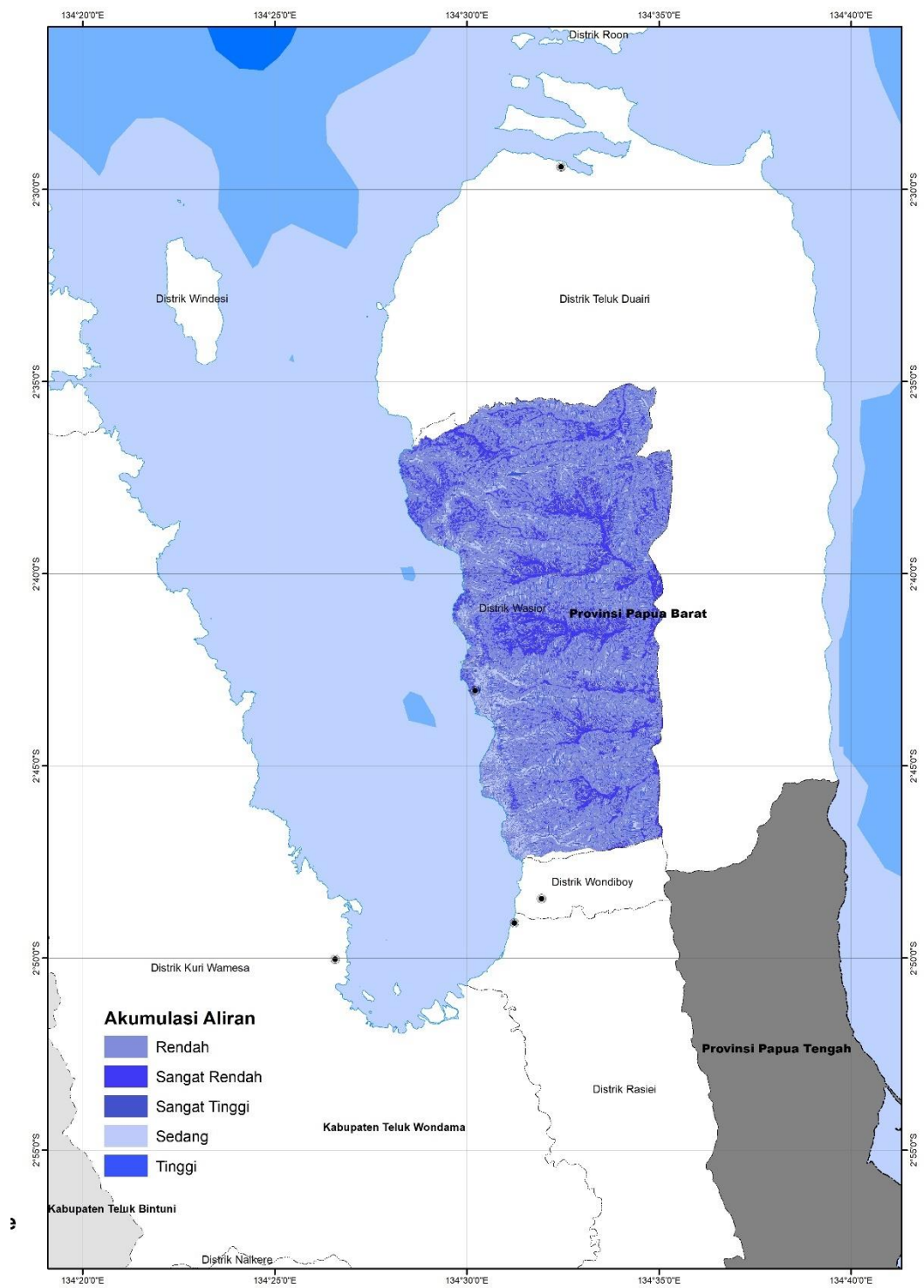


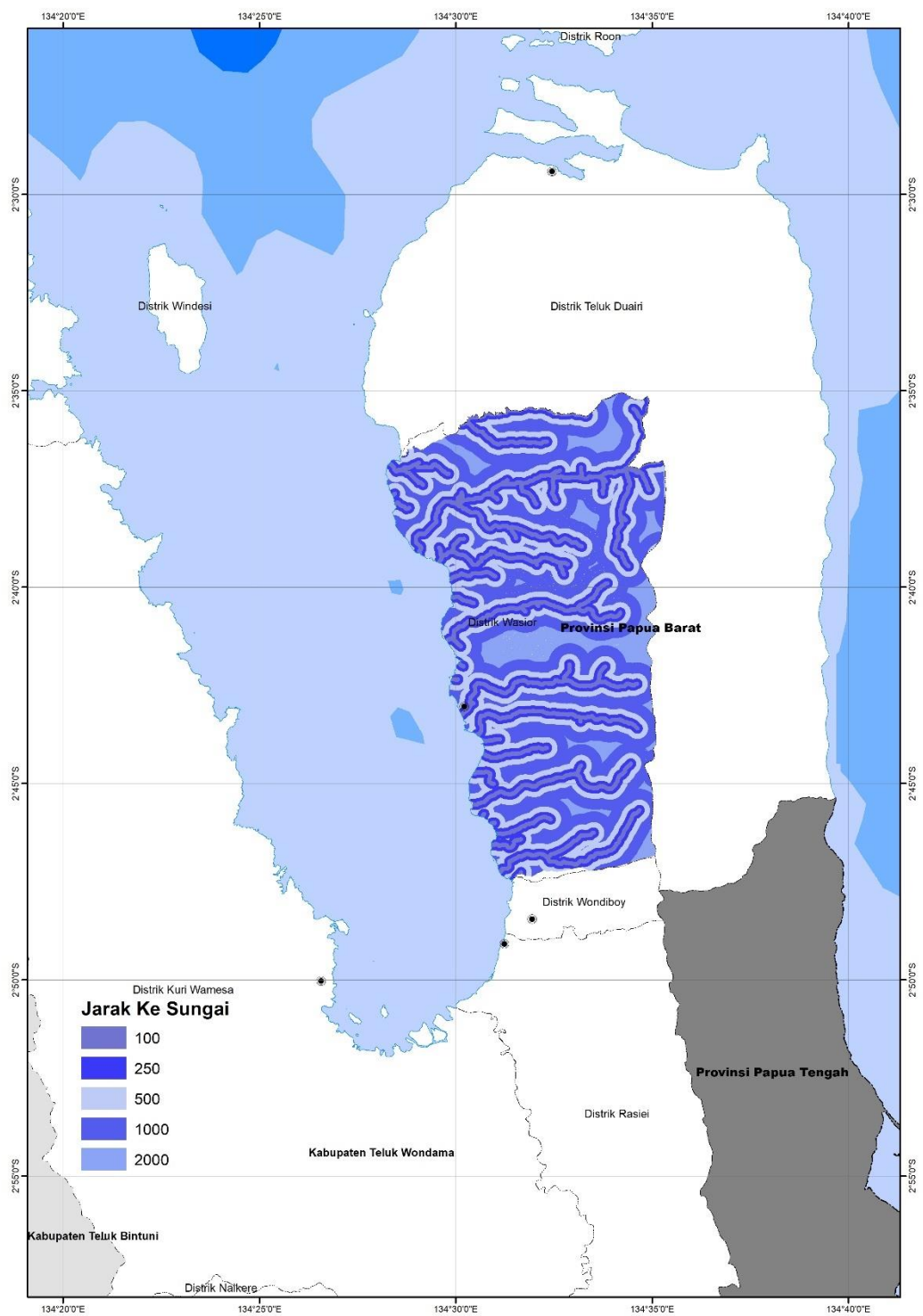


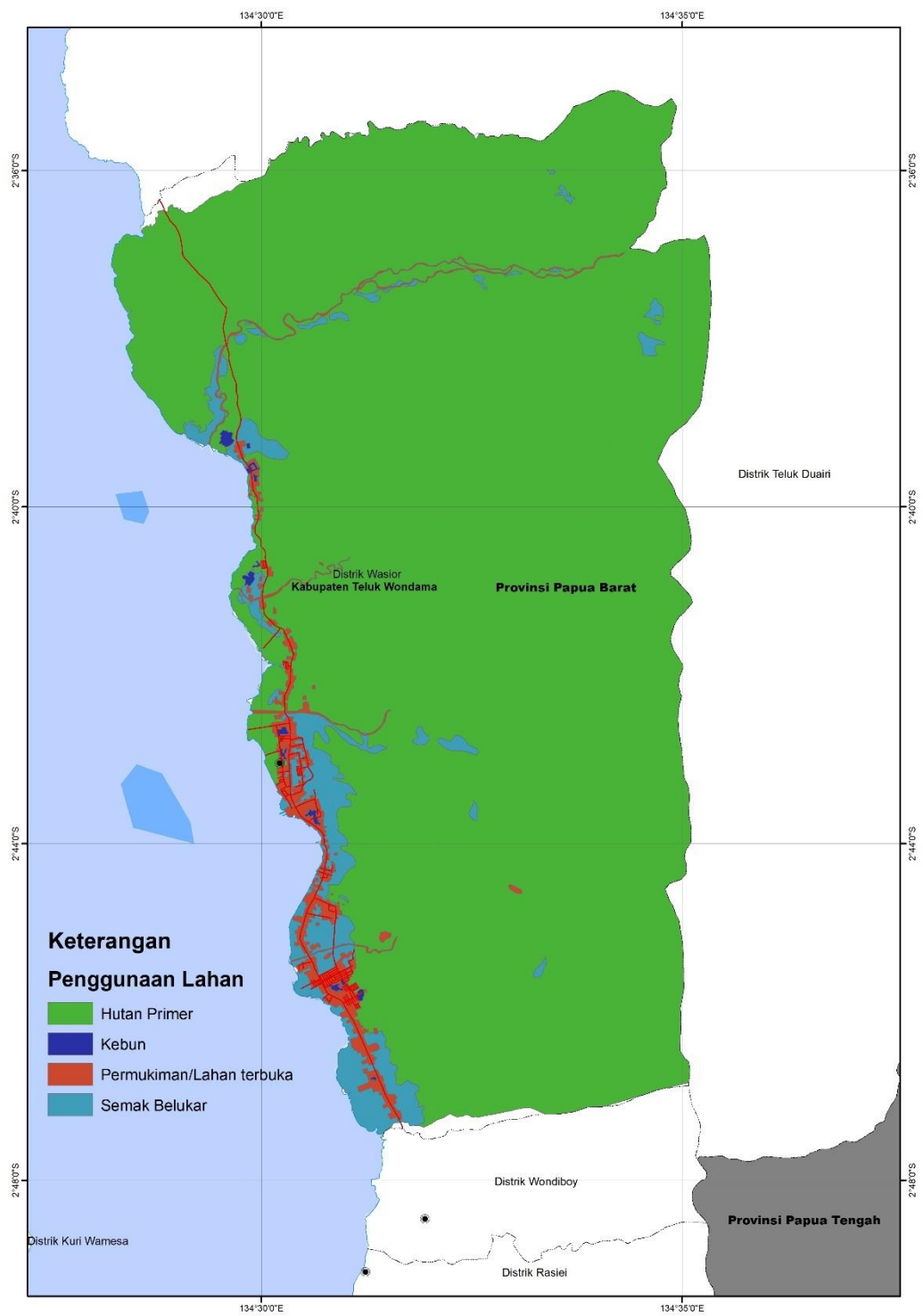




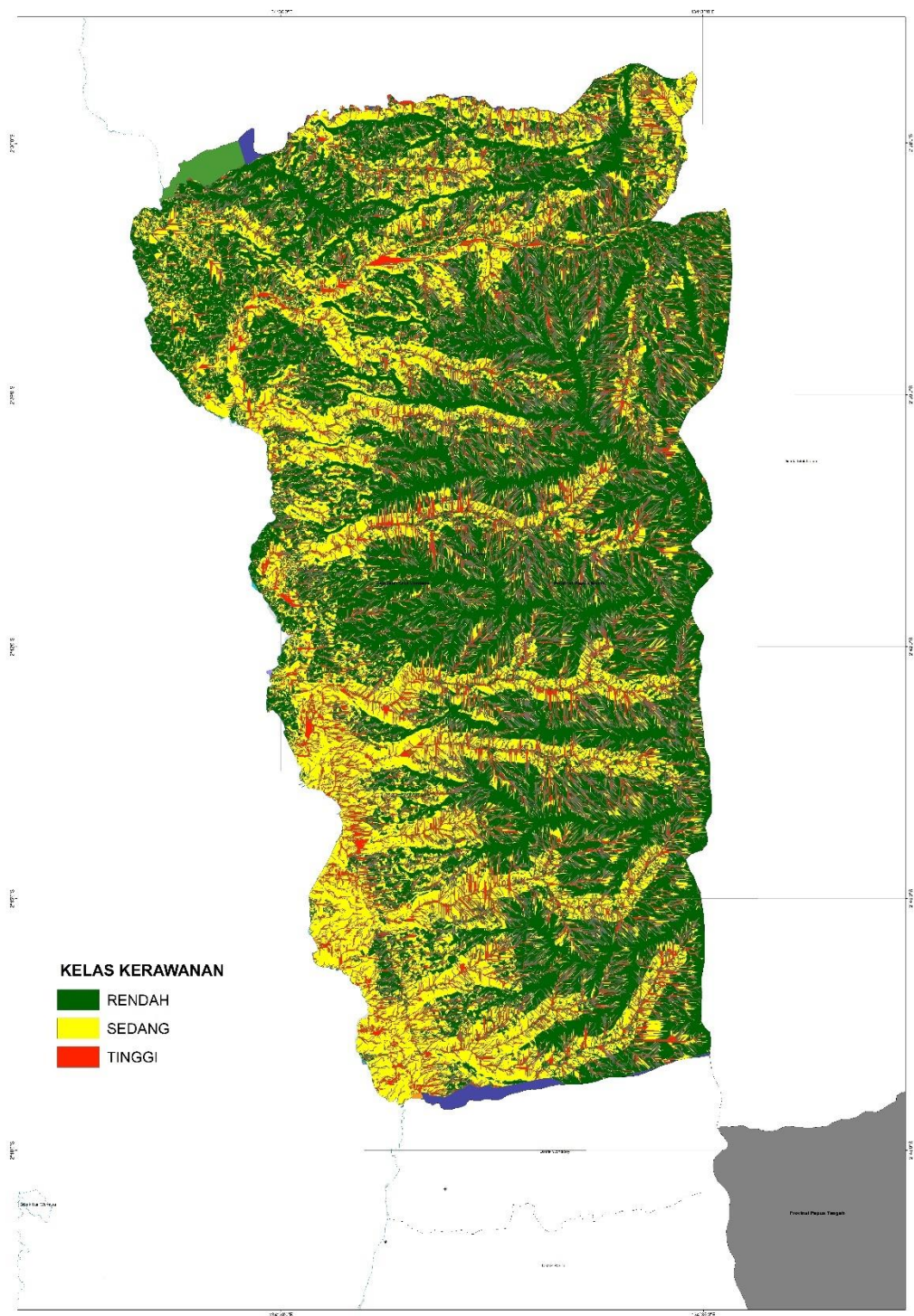


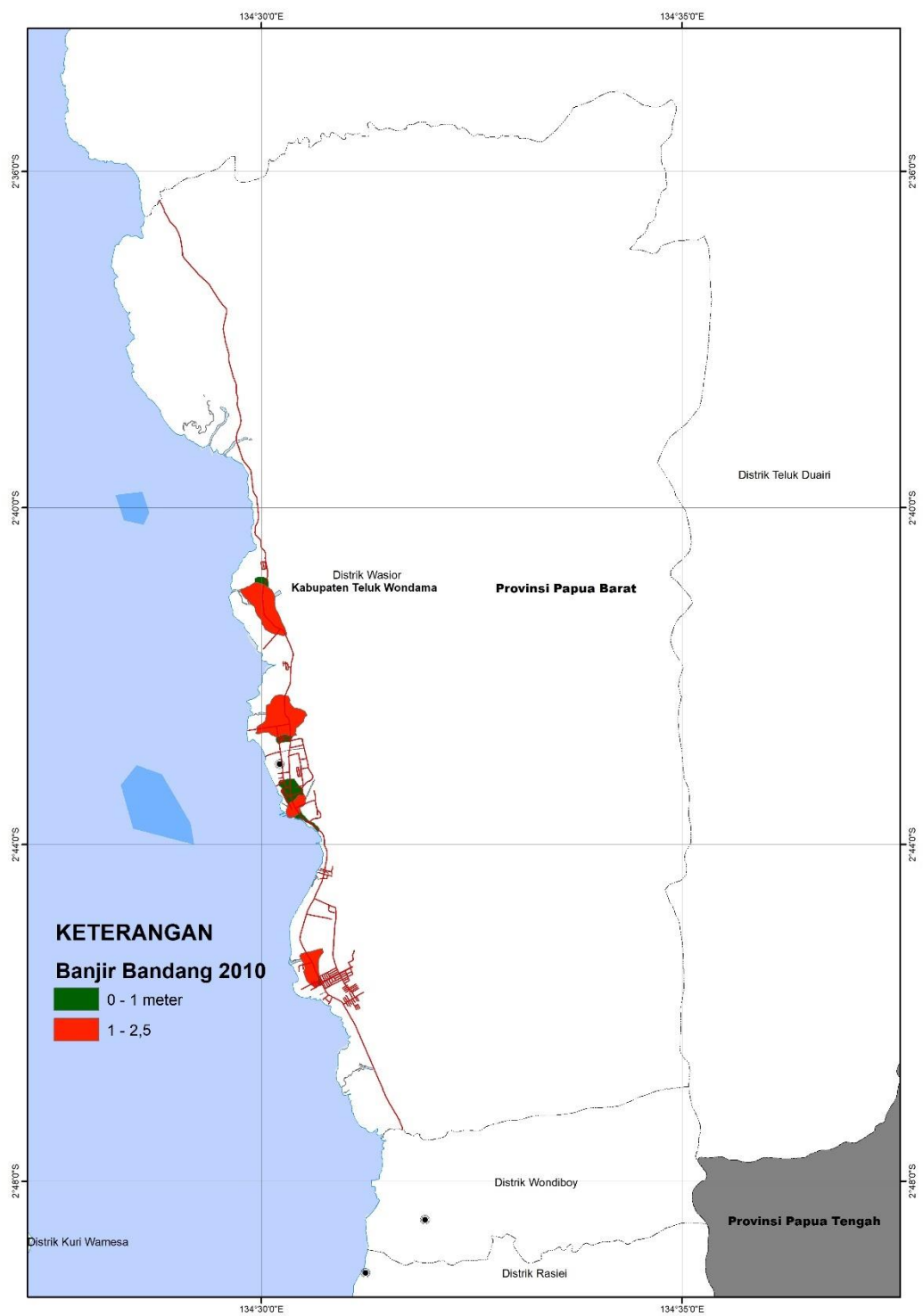


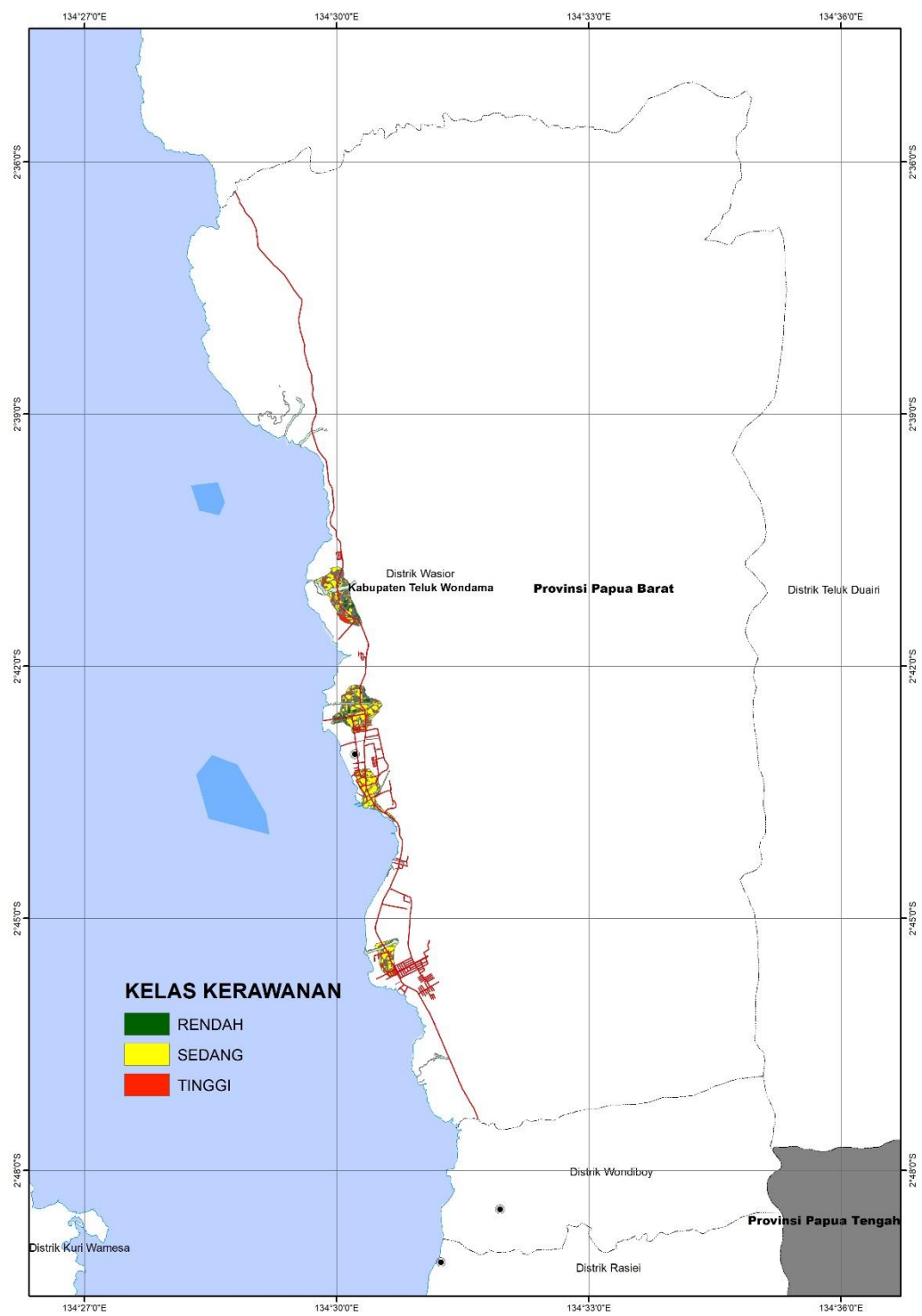


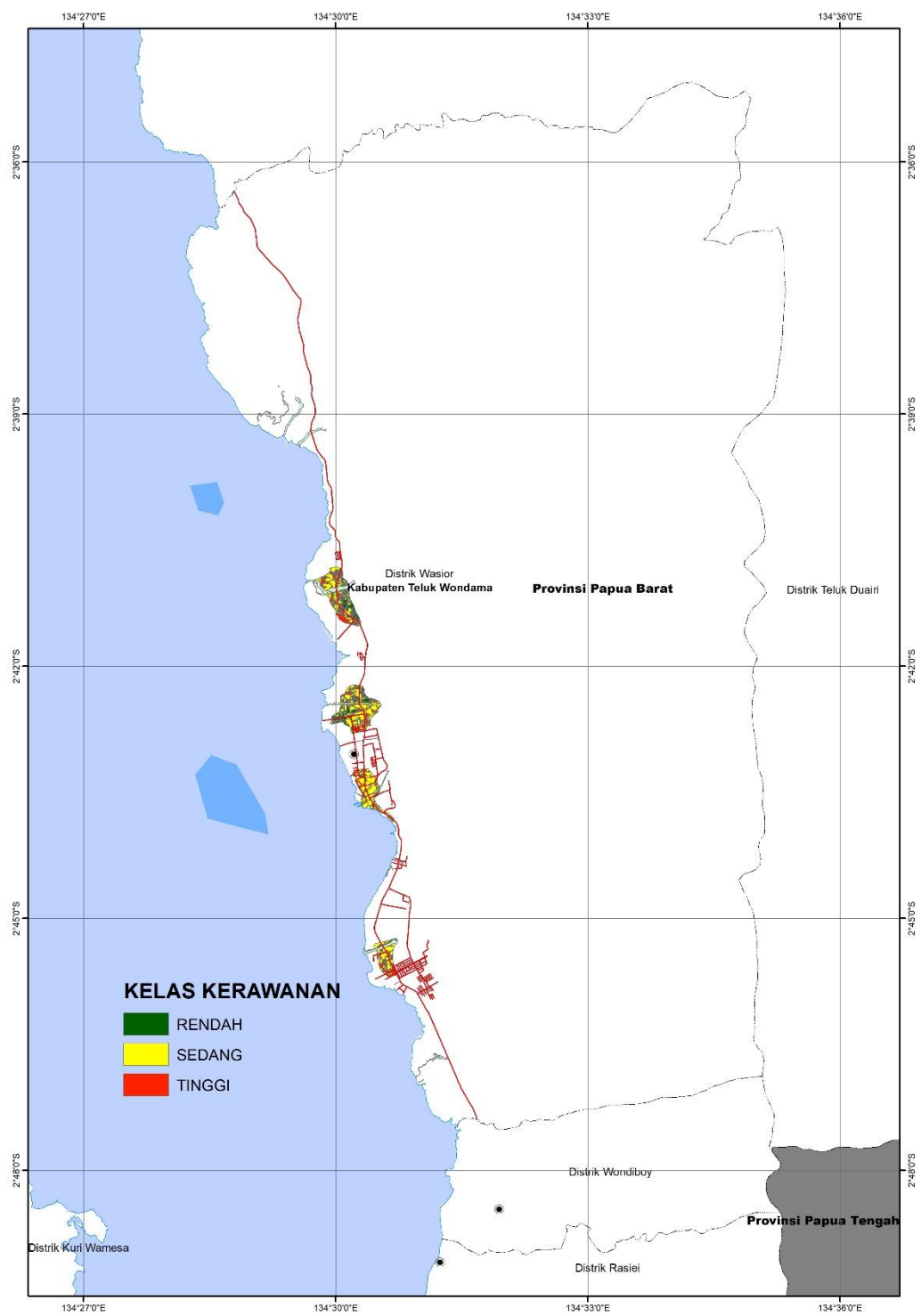




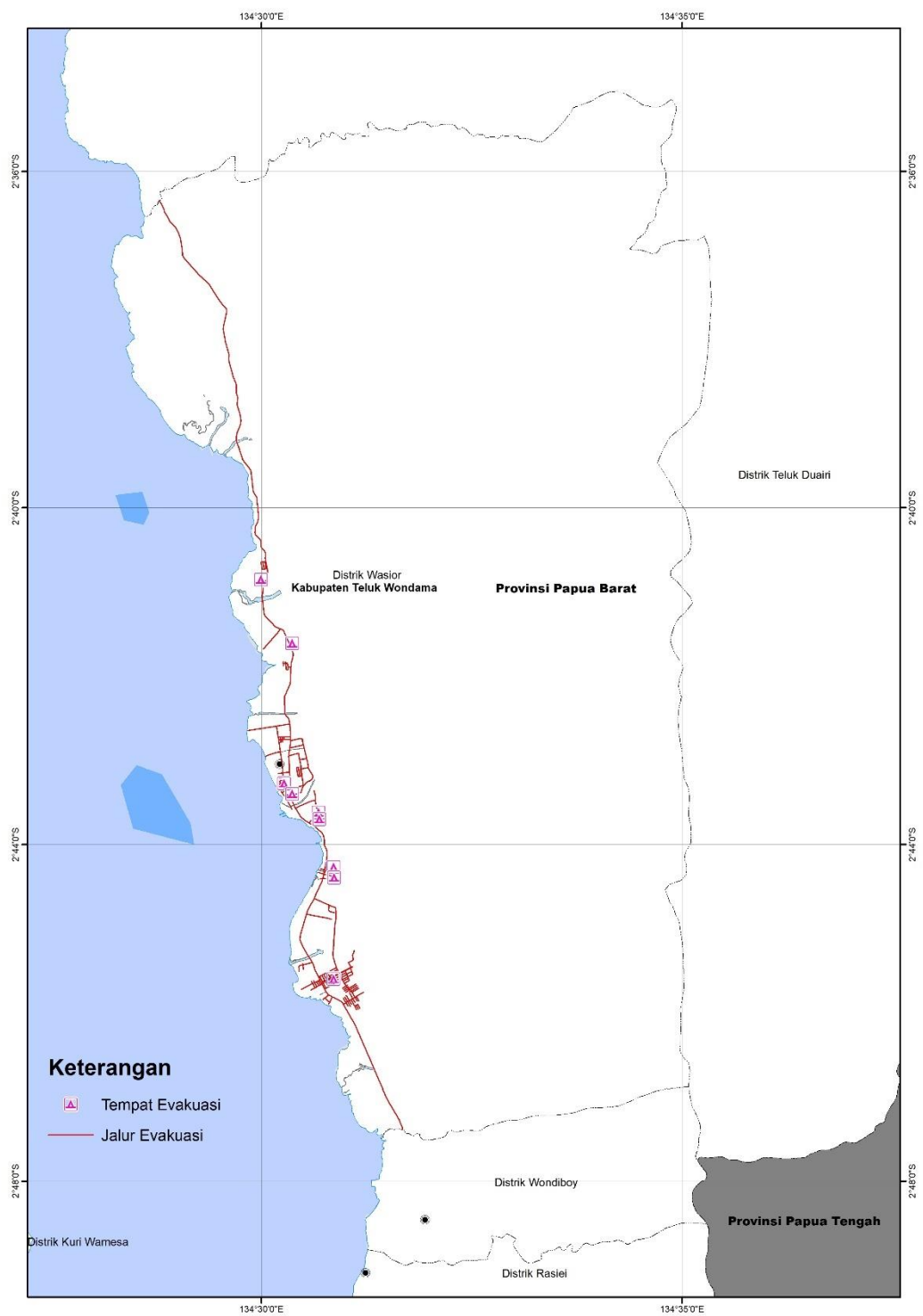


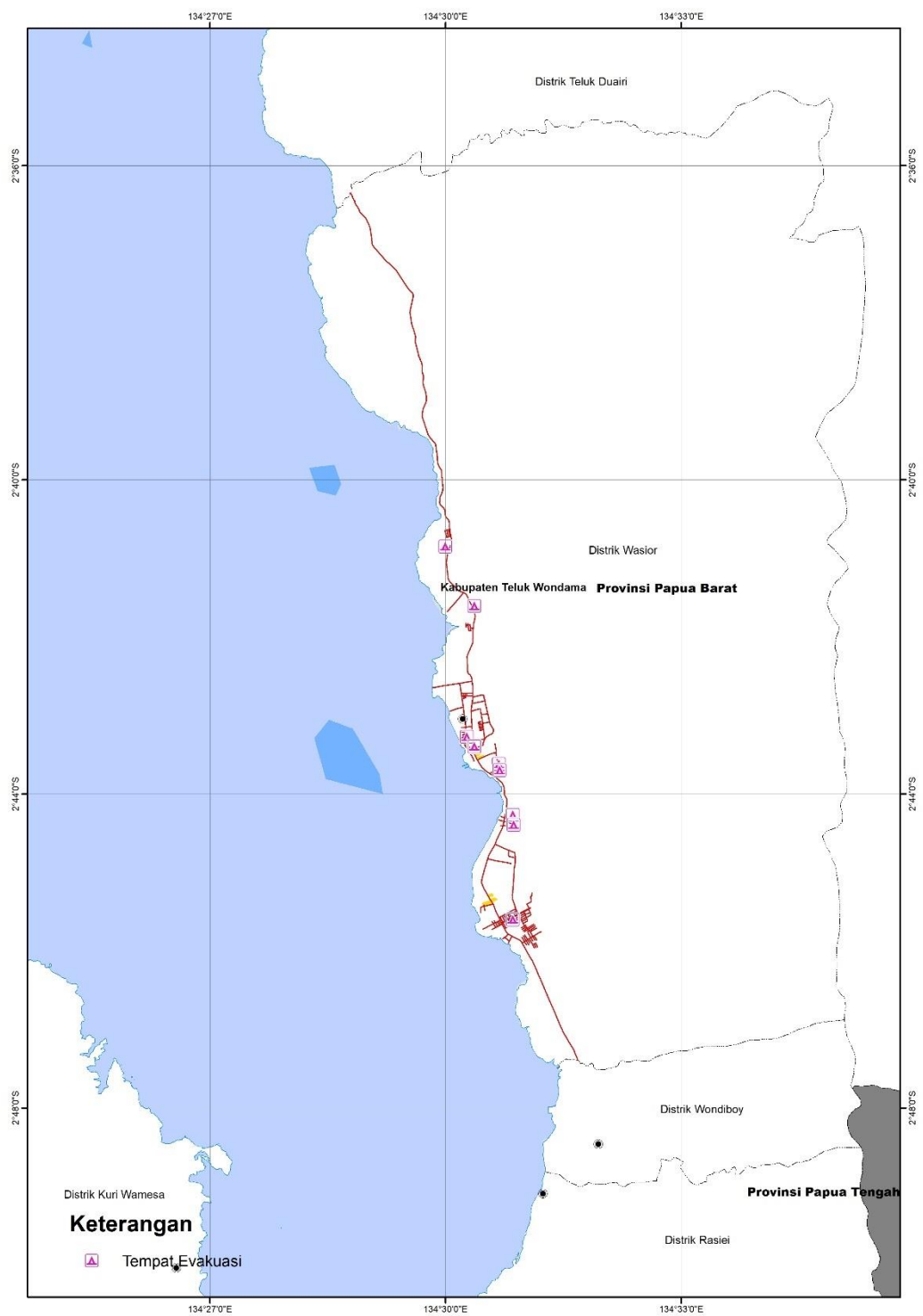












MATRIKS ITBX PEMANFAATAN RUANG – KERAWANAN BANJIR BANDANG

R = rendah, S = sedang, T = tinggi. Kode berlaku setelah fungsi dasar pola ruang dan ketentuan peraturan daerah dipenuhi.

No.	Kelompok kegiatan	Jenis kegiatan	Badan Air			Cagar Alam			Mangrove			Hutan Prod. Terbatas			Pembangkit Listrik			Perkebunan			Perlindungan Setempat			Permukiman			Pertahanan Keamanan			Tanaman Pangan			Transportasi			Taman Nasional			
			R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T				
1	Perlindungan & air	Konservasi badan air dan koridor sungai	I	I	I	I	I	I	I	I	I	T	T	B	X	X	X	T	T	B	I	I	I	X	X	X	X	X	X	T	T	B	X	X	X	I	I	I	
2		Rehabilitasi DAS, reboisasi dan revegetasi	B	B	B	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	X	X	I	I	I	I	I	I	X	X	X	X	X	X	T	T	B	X	X	X	I	I	I	
3		Rehabilitasi dan perlindungan mangrove	B	B	B	I	I	I	I	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T	T	B	
4		Bangunan pengendali banjir, sabo/check dam dan pengendali sedimen	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
5		Sistem peringatan dini dan pemantauan banjir bandang	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
6		Penelitian dan pendidikan lingkungan	T	T	B	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	X	X	I	I	I	T	T	B	I	I	I
7	Pertanian & kehutanan	Budidaya tanaman pangan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	B	X	X	X	T	B	B	X	X	X	T	B	B	X	X	X	I	T	B	X	X	X	X	X	X	
8		Perkebunan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	B	X	X	X	I	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T	B	B	X	X	X	X	X	X	
9		Kehutanan produksi terbatas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	T	B	X	X	X	T	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10		Agroforestri dan konservasi tanah-air	X	X	X	T	B	B	X	X	X	I	T	B	X	X	X	I	T	B	T	B	B	X	X	X	X	X	X	I	T	B	X	X	X	T	B	B	
11		Permukiman & pelayanan	Rumah tinggal kepadatan rendah	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X
12			Perumahan kepadatan sedang–tinggi dan rumah susun	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
13	Perdagangan dan jasa		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	X	
14	Perkantoran dan fasilitas pemerintahan		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	I	B	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	X	
15	Fasilitas pendidikan		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
16	Fasilitas kesehatan		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
17	Pariwisata	Fasilitas peribadatan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	T	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
18		Ruang terbuka hijau dan taman kota	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	T	T	B	T	T	B	X	X	X	
19		Wisata alam tanpa bangunan permanen	T	B	B	T	B	B	T	B	B	T	B	B	X	X	X	T	B	B	T	B	B	I	T	B	X	X	X	T	B	B	T	B	B	T	B	B	
20		Akomodasi, hotel dan fasilitas wisata permanen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	I	B	X	X	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	
21		Industri & utilitas	Industri pengolahan non-B3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X	T	B	X	X	X	X	
22			Pergudangan dan logistik	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	X	X	X	
23	Pembangkit tenaga listrik		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	
24	Jaringan air minum, telekomunikasi dan utilitas dasar		B	B	B	X	X	X	X	X	X	B	B	B	I	B	B	B	B	B	B	B	I	B	B	I	B	B	B	B	B	I	B	B	X	X	X		
25	SPBU, depo bahan bakar dan penyimpanan bahan B3		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X		
26	Pertahanan & transportasi		Fasilitas pertahanan dan keamanan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	X	I	B	X	X	X	X	B	B	X	X	X	X	X	
27		Jalan dan jembatan	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	I	B	B	B	B	B	B	I	B	B	I	B	B	B	B	B	I	B	B	B	B	B			
28		Terminal, pelabuhan dan simpul transportasi	B	B	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	B	B	B	B	X	X	X	I	B	B	X	X	X			
29		Jalur, rambu dan tempat evakuasi sementara	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
30		Kegiatan berisiko	Pertambangan/pengambilan material sungai	B	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X	
31			Tempat pengolahan atau pembuangan sampah	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X	X	X	X	B	X	X	X	X	X		
32	Penimbunan, penyempitan atau pengalihan alur sungai		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

LEGENDA DAN STATUS DOKUMEN

I Diizinkan
T Diizinkan secara terbatas
B Diizinkan bersyarat
X Tidak diizinkan
Prinsip
Kode paling ketat berlaku apabila lokasi berada pada lebih dari satu pemukiman
Rancangan teknis/akademik; bukan penetapan hukum
Peraturan zonasi
Perlu disesuaikan dengan RDTR/PZ daerah, delineasi jalur aliran, kajian hidrologi, hidrolika



**INSTITUT
TEKNOLOGI
NASIONAL
MALANG**

LANGUAGE LABORATORY UNIT
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang (0341) 551431 ext. 261

CERTIFICATE

OF ACHIEVEMENT

NO. 1757/TPT/lab.bhs/ITN/II/2026

This certifies that

Name : DANIEL

Registration Number: 24111009

Test Date : 3 FEBRUARY 2026

**has taken a PREDICTION TEST for the TOEFL administered by the
Language Laboratory Unit - ITN Malang.**

SCALED SCORES

Listening Comprehension	58
Structure and Written Expression	53
Reading Comprehension	58
Overall Score	563



Head,

Rini Anjarwati, S.Pd., M.Pd

NIP. 9000000549

24121017_Daniel_Tesis_Pasca_Ujian _Plagiasi - daniel Payungallo.pdf

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	Diaz Huaman, Denis Katia. "Planeamiento Estrategico de Peru.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 ProQuest	461 words — 2%
2	www.scribd.com Internet	173 words — 1%
3	eprints.itn.ac.id Internet	152 words — 1%
4	jlbgeologi.esdm.go.id Internet	125 words — 1%

EXCLUDE QUOTES ON
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES < 1%
EXCLUDE MATCHES OFF