

## Analisis Dampak Fungsional Kerentanan Jalan Trans Sulawesi Pasca-Banjir Mei 2024 Konawe Utara

Zahwa Diah A.P<sup>1\*</sup>, Minson Simatupang<sup>2</sup>, Hasmina Tari Mokui<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Manajemen Rekayasa, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

[\\*zahwadiyah.12@gmail.com](mailto:zahwadiyah.12@gmail.com)

### Abstrak

Banjir besar pada Mei 2024 di Kabupaten Konawe Utara melumpuhkan fungsi Jalan Trans Sulawesi sebagai jalur arteri nasional, terutama akibat rendahnya elevasi jalan, sistem drainase yang tidak memadai, serta ketiadaan jalur alternatif. Penelitian ini bertujuan menganalisis ketahanan infrastruktur jalan pascabanjir dengan menggunakan kerangka *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity*. Metode penelitian berbasis analisis data sekunder dan studi literatur terhadap kondisi fungsional, kerentanan, dan strategi pemulihan infrastruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan Jalan Trans Sulawesi masih parsial: meskipun pemulihan berlangsung relatif cepat, kelemahan struktural pada aspek *robustness* dan *redundancy* meningkatkan risiko sistemik saat bencana berulang. Rekomendasi mitigasi meliputi peninggian badan jalan, perbaikan drainase, pembangunan jalur alternatif, penyediaan transportasi darurat yang aman, serta integrasi pengurangan risiko ke dalam RTRW dan SOP pemulihan. Temuan ini diharapkan dapat menjadi masukan praktis bagi kebijakan penguatan ketahanan infrastruktur transportasi nasional. Keterbaruan penelitian ini terletak pada analisis kasus tunggal banjir 2024 yang menekankan dimensi fungsional dan kerentanan Jalan Trans Sulawesi sebagai jalur arteri lintas provinsi.

**Kata kunci:** banjir, infrastruktur jalan, ketahanan, mitigasi, transportasi.

### 1. Pendahuluan

Secara umum, infrastruktur jalan merupakan salah satu elemen vital dalam mendukung konektivitas, distribusi logistik, dan pergerakan ekonomi suatu wilayah. Jalan berfungsi sebagai urat nadi kehidupan ekonomi, politik, sosial-budaya, serta pertahanan keamanan nasional, sekaligus sebagai penghubung antar wilayah sesuai kondisi geografis Indonesia [2]. Namun, infrastruktur transportasi, khususnya jalan, sangat rentan terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir. Kerentanan ini meningkat pada wilayah yang berada di dataran rendah dan berdekatan dengan aliran sungai, di mana intensitas genangan dapat menimbulkan gangguan signifikan terhadap mobilitas dan distribusi logistik [3],[4].

Fenomena ini nyata terjadi di Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara, khususnya pada ruas Jalan Trans Sulawesi, jalur arteri nasional yang kerap tergenang banjir. Banjir pada Mei 2024 di Desa Sambandete, Kecamatan Oheo, menyebabkan akses jalan nasional terputus hingga merendam badan jalan setinggi 1,2 meter [5]. Akibatnya, mobilitas lintas provinsi

terganggu, antrean kendaraan mencapai 366–650 meter, dan ribuan warga terdampak (3.121 jiwa, 729 rumah). Secara spasial, Kabupaten Konawe Utara memiliki 1.348,63 km panjang jalan, termasuk 170,91 km jalan negara yang menjadi bagian penting dari Jalur Trans Sulawesi. Jalur ini menghubungkan 12 kecamatan dan menopang distribusi logistik lintas provinsi. Statistik transportasi daerah menunjukkan dominasi kendaraan roda dua dan kendaraan barang [6], sehingga gangguan pada jalan arteri ini langsung memengaruhi pergerakan barang dan jasa. Kejadian serupa juga tercatat pada 2019, 2021, dan 2022, yang menunjukkan adanya pola kerentanan berulang.

Secara teoretis, kerentanan infrastruktur jalan dapat dijelaskan melalui konsep kerentanan bencana yang mencakup dimensi fisik, sosial, dan ekonomi [3], [7]. Dalam konteks fisik, kerentanan ditentukan oleh kapasitas konstruksi jalan dalam menahan tekanan eksternal, seperti genangan banjir dengan intensitas tinggi dan durasi lama. Kerusakan jalan akibat banjir dipicu oleh kombinasi faktor alam (curah hujan ekstrem, topografi cekungan), faktor teknis (drainase yang tidak memadai, kualitas material), serta faktor sosial (tingginya aktivitas masyarakat dan tata kelola lingkungan) [8]. Selain itu, konsep ketahanan infrastruktur menekankan kemampuan sistem transportasi untuk bertahan, pulih, dan beradaptasi terhadap bencana, sesuai prinsip *resilient city* [9].

Berbagai penelitian terdahulu menyoroti keterkaitan banjir dan infrastruktur jalan [10], [11], [12], [13]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa banjir mempercepat degradasi perkerasan, menurunkan kecepatan kendaraan, dan mengganggu fungsi jalan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis atau berskala lokal. Belum ada kajian yang secara spesifik menelaah satu peristiwa banjir tunggal dengan dampak signifikan pada Jalan Trans Sulawesi sebagai jalur arteri nasional lintas provinsi.

Berdasarkan uraian tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan dalam studi ini adalah: (1) bagaimana dampak fungsional banjir terhadap Jalan Trans Sulawesi di Kabupaten Konawe Utara pasca peristiwa Mei 2024; (2) bagaimana potensi kerentanan jalan tersebut ditinjau dari dimensi fisik, sosial, dan ekonomi; dan (3) bagaimana rekomendasi mitigasi serta peningkatan ketahanan infrastruktur transportasi dapat dirumuskan untuk mencegah gangguan serupa di masa depan.

Dengan demikian, penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena mengintegrasikan kerangka ketahanan Bruneau dkk. [1] dan analisis spasial sederhana berbasis data sekunder pada kasus aktual banjir 2024 di jalur arteri nasional, sehingga memberikan kontribusi baru bagi mitigasi infrastruktur transportasi lintas provinsi. Keterbaruan penelitian ini terletak pada fokus analisis retrospektif banjir tunggal Mei 2024 yang digunakan sebagai *stress-test* alami untuk mengukur ketahanan Jalan Trans Sulawesi, yang sebelumnya belum dikaji secara spesifik. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis dampak fungsional dan potensi kerentanan Jalan Trans Sulawesi pasca-banjir Mei 2024 melalui studi kasus di Kabupaten Konawe Utara, serta merumuskan rekomendasi mitigasi dan strategi peningkatan ketahanan infrastruktur.

## 2. Metode

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus tunggal pada peristiwa banjir Mei 2024 di Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara, khususnya pada segmen Sambandete–Asera, Kecamatan Oheo, yang melumpuhkan Jalan Trans Sulawesi. Pendekatan ini dipilih untuk menganalisis dampak fungsional dan potensi kerentanan jalan melalui integrasi kerangka ketahanan infrastruktur Bruneau dkk. [1], yang mencakup dimensi *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity*. Analisis bersifat retrospektif dan berbasis data sekunder yang kredibel, sehingga dapat memberikan rekomendasi mitigasi dan strategi peningkatan ketahanan infrastruktur transportasi lintas provinsi. Pendekatan ini rasional karena sesuai tujuan mengintegrasikan kerangka ketahanan Bruneau dkk. [1] pada kasus aktual, empiris berdasarkan data sekunder kredibel untuk merepresentasikan temuan

lapangan 2024, dan sistematis melalui prosedur triangulasi guna memastikan validitas. Keterbatasan data primer diatasi dengan penggunaan data sekunder, yang mendukung tujuan penelitian untuk merumuskan rekomendasi mitigasi proaktif dalam rangka penguatan ketahanan infrastruktur transportasi nasional pada tahun 2025. Pendekatan ini menghadirkan keterbaruan karena menempatkan peristiwa banjir tunggal sebagai objek studi kasus yang dianalisis secara retrospektif melalui kerangka ketahanan infrastruktur.

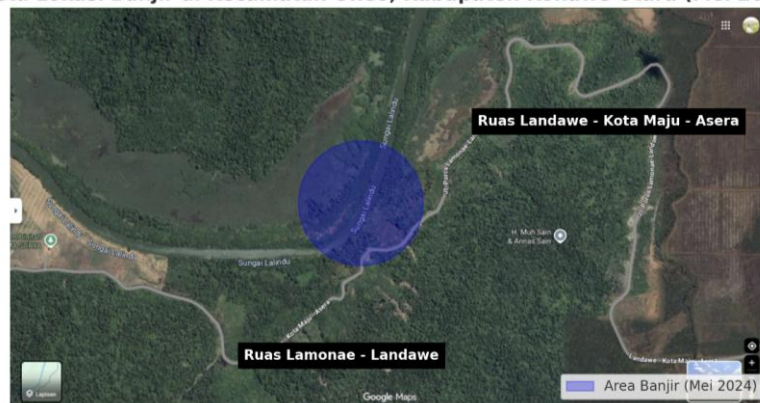
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Rancangan Kronologi dan Dampak Fungsional Banjir Mei 2024

Banjir besar pada awal Mei 2024 di Kabupaten Konawe Utara melumpuhkan Jalan Trans Sulawesi di Desa Sambandete, Kecamatan Oheo—jalur arteri nasional penghubung Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Tengah. Luapan Sungai Lalindu menutup badan jalan dengan ketinggian genangan sekitar 1,2 meter sejak 2 Mei 2024 [14], [15]. Akibatnya, arus lalu lintas Kendari–Morowali terhenti total. Antrean kendaraan mencapai ±366–650 meter dengan ratusan unit terjebak; kendaraan ringan tidak dapat melintas hingga 6 Mei 2024. Sebagian pengguna jalan terpaksa menyeberang menggunakan rakit tradisional (pincara) [16], [17].

Gangguan ini menimbulkan dampak sosial-ekonomi yang signifikan. Distribusi logistik dan bahan bakar minyak (BBM) terhenti, mengakibatkan kerugian miliaran rupiah [18]. BNPB mencatat 3.121 jiwa terdampak, 729 rumah tergenang, dan 327,7 hektar lahan pertanian rusak, termasuk laporan gagal panen di salah satu desa terdampak [5], [16]. Tidak tersedianya jalur alternatif memperparah situasi, menunjukkan rendahnya *redundancy* infrastruktur di jalur strategis lintas provinsi.

Peta Lokasi Banjir di Kecamatan Oheo, Kabupaten Konawe Utara (Mei 2024)



Sumber: Google Maps.

**Gambar 1.** Peta lokasi ruas Jalan Trans Sulawesi terdampak banjir.

Banjir terjadi di Desa Sambandete, Kecamatan Oheo, Kabupaten Konawe Utara. Segmen jalan yang tergenang berada pada ruas batas Provinsi Sulawesi Tengah (Buleleng) – Lamonae – Landawe – Asera. Untuk memperjelas temuan lapangan, rangkuman dampak fungsional Jalan Trans Sulawesi pasca-banjir Mei 2024 ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Dampak Fungsional Jalan Trans Sulawesi Pascabanjir Mei 2024

Aspek Dampak	Temuan Utama	Sumber Data
Ketinggian Genangan	1,2 – 2 meter, menutup seluruh badan jalan di Desa Sambandete	ANTARA [14], [15]; BPJN Sulawesi Tenggara [15]
Durasi Gangguan	±2 minggu (2–21 Mei 2024), jalan tidak dapat dilalui kendaraan kecil	Tribun News Sultra [17]; Liputan6 [16])

Aspek Dampak	Temuan Utama	Sumber Data
Panjang Antrean	±3 km, ±300 kendaraan terjebak	BPJN Sultra [15]; ANTARA [14]
Jalur Alternatif	Tidak tersedia, sebagian pengguna menggunakan rakit ( <i>pincara</i> )	BPJN Sultra [15]
Dampak Ekonomi	Distribusi BBM terganggu, kerugian miliaran rupiah	Liputan6 [18]
Dampak Sosial	3.121 jiwa terdampak, 729 rumah tergenang, 327,7 ha lahan pertanian rusak	BNPB [5]; Liputan6 [16]

Secara ilmiah, temuan ini menunjukkan bahwa banjir menyebabkan kerugian fungsional signifikan pada infrastruktur jalan, tanpa disertai kerusakan struktural permanen. Kondisi tersebut sesuai dengan konsep dampak fungsional oleh Aulia dkk., di mana banjir dapat menurunkan kinerja jalan berupa peningkatan waktu tempuh hingga pemutusan akses total [12]. Hal serupa ditemukan oleh Kusumowardani dkk. pada kasus banjir rob Jalan Tol Semarang–Demak, di mana jalan tetap utuh secara fisik tetapi kehilangan fungsinya [13].

Dari perspektif teori kerentanan *Birkman; De Ruiter & Van Loon*, tingginya eksposur infrastruktur tanpa dukungan sistem adaptif memperbesar risiko sistemik [19], [20]. Selain itu, kerangka ketahanan Bruneau dkk., menunjukkan lemahnya aspek *redundancy* dan *rapidity*, terlihat dari tidak adanya jalur alternatif dan lambatnya pemulihan akses [1]. Temuan ini memperkuat urgensi penerapan prinsip ketahanan infrastruktur melalui peninggian badan jalan, penguatan sistem drainase, serta perencanaan jalur alternatif untuk meminimalkan risiko gangguan fungsional di masa mendatang.

Berikut dokumentasi kondisi lapangan pada Gambar 2 – Gambar 6, yaitu antrean kendaraan, penggunaan rakit (*pincara*), dan area lahan pertanian yang terendam banjir.



Sumber: CNN Indonesia [21]

**Gambar 2.** Foto ruas jalan Trans Sulawesi yang terendam banjir hingga tidak dapat dilalui kendaraan



Sumber: CNN Indonesia [21]

**Gambar 3.** Antrean kendaraan yang mencapai beberapa kilometer akibat jalan lumpuh total



Sumber: Liputan6 [18]

**Gambar 4.** Truk pengangkut BBM terjebak banjir di Konawe Utara, menyebabkan kerugian miliaran rupiah



Sumber: BPJN Sulawesi Tenggara [15]

**Gambar 5.** Pemanfaatan rakit (pincara) oleh masyarakat untuk melintasi jalan Trans Sulawesi yang terputus banjir



Sumber: Liputan6 [16]

**Gambar 6.** Foto udara wilayah pertanian yang terendam banjir di Kecamatan Oheo, menyebabkan gagal panen pada satu desa

### 3.2 Potensi Kerentanan Jalan Trans Sulawesi Pascabanjir Mei 2024

Banjir yang melanda Desa Sambandete, Kecamatan Oheo, tidak hanya menimbulkan kelumpuhan fungsional, tetapi juga memperlihatkan potensi kerentanan signifikan pada Jalan Trans Sulawesi sebagai infrastruktur transportasi strategis. Kerentanan ini ditandai oleh tingginya eksposur jalan terhadap aliran Sungai Lalindu, posisi jalan pada elevasi rendah, serta ketiadaan jalur alternatif ketika akses utama terganggu. BNPB melaporkan bahwa banjir pada 2-3 Mei 2024 menutup ruas jalan sepanjang  $\pm 300$  meter, merusak 729 unit rumah, dan 327,7 hektar lahan pertanian [22]. Beberapa laporan juga menyebutkan adanya kerusakan pada infrastruktur pendukung di sekitar lokasi. Kondisi ini memperlihatkan keterkaitan erat antara kerentanan fisik jalan dengan kerentanan sosial-ekonomi masyarakat.



Sumber: KendariInfo

**Gambar 7.** Kondisi jalan Trans Sulawesi pascabanjir dengan genangan yang merusak badan jalan.

Kerentanan fisik juga terlihat dari indikasi kerusakan permukaan jalan pascagenangan (Gambar 7), yang sejalan dengan temuan Aulia dkk. di Bengkulu yang menunjukkan bahwa banjir mempercepat degradasi perkerasan jalan [12]. Di Konawe Utara, risiko ini diperburuk oleh curah hujan tinggi dan luapan sungai dari wilayah pegunungan, sehingga jalan berulang kali terparap sebelum sempat dipulihkan [5].

Selain aspek fisik, kerentanan sosial-ekonomi juga menonjol. Terputusnya jalan membuat ribuan masyarakat di tujuh kecamatan terdampak (Langgikima, Landawe, Wiwirano,

Oheo, Asera, Andowia, dan Molawe) kehilangan akses terhadap logistik, pendidikan, dan layanan kesehatan [5]. Penggunaan transportasi darurat berupa rakit tradisional (pincara) memperlihatkan keterbatasan adaptasi masyarakat (Gambar 5), sesuai dengan kerangka *Birkmann* yang menyatakan bahwa kerentanan dipengaruhi tidak hanya oleh kondisi fisik, tetapi juga oleh sensitivitas sosial-ekonomi dan kapasitas adaptif [19].

Penelitian Nuhun dkk., di Kendari mendukung temuan ini, bahwa banjir kerap menimbulkan isolasi komunitas akibat kerusakan drainase dan minimnya jalur alternatif [23]. Kasus di Konawe Utara menunjukkan pola serupa: infrastruktur vital dengan redundansi terbatas memicu dampak sistemik.

Tabel 2. Indikator Potensi Kerentanan Jalan Trans Sulawesi Pascabanjir Mei 2024

Aspek Kerentanan	Indikator Temuan	Sumber Data
Fisik	Jalan pada elevasi rendah; perkerasan rusak pascagenangan ±2 minggu	BPJN Sultra [15], Aulia dkk. [12]
Lingkungan	Kedekatan dengan Sungai Lalindu; aliran air dari pegunungan memperburuk banjir	BNPB [5]
Sosial-Ekonomi	3.121 jiwa terdampak; akses logistik, pendidikan, dan kesehatan terputus	BNPB [5], Liputan6 [16]
Kelembagaan/Adaptif	Minim jalur alternatif; ketergantungan pada rakit (pincara)	BPJN Sultra [15], Nuhun dkk. [23]

Secara analitis, potensi kerentanan Jalan Trans Sulawesi pasca-banjir dapat dipahami sebagai kombinasi antara eksposur tinggi, sensitivitas fisik infrastruktur yang lemah, serta keterbatasan kapasitas adaptif masyarakat dan pemerintah. Hal ini sejalan dengan kerangka *De Ruiter & Van Loon* bahwa perubahan tata guna lahan dan tekanan aktivitas manusia di sekitar aliran sungai turut memperbesar risiko [20]. Oleh karena itu, penguatan ketahanan jalan memerlukan integrasi antara perencanaan teknis (peninggian badan jalan, perbaikan drainase), tata kelola wilayah, serta strategi sosial-ekonomi yang berkelanjutan.

### 3.3 Ketahanan Infrastruktur Jalan Trans Sulawesi Pascabanjir Mei 2024

Meski banjir besar pada Mei 2024 menyebabkan lumpuhnya Jalan Trans Sulawesi selama hampir dua minggu, peristiwa ini juga menguji sejauh mana ketahanan infrastruktur jalan tersebut. Secara fisik, badan jalan pada segmen Desa Sambandete–Asera tidak mengalami kerusakan permanen berupa putus total. Namun, terdapat indikasi melemahnya perkerasan dengan munculnya lubang dan erosi setelah genangan surut [15]. Hal ini menunjukkan bahwa *robustness* (ketahanan fisik) jalan masih terbatas, karena meskipun konstruksi mampu menahan beban kendaraan berat setelah banjir, kualitas lapisan aspal menurun drastis akibat infiltrasi air.

Dari sisi *redundancy* (ketersediaan jalur alternatif), kasus ini menegaskan adanya kelemahan struktural dalam jaringan transportasi Sulawesi Tenggara. Tidak adanya jalur alternatif membuat masyarakat dan kendaraan terpaksa menunggu hingga banjir surut atau menggunakan rakit tradisional (pincara) sebagai moda darurat. Kondisi ini memperlihatkan ketiadaan *redundancy* yang seharusnya menjadi bagian dari perencanaan ketahanan infrastruktur [1].

Pada dimensi *resourcefulness* (pemanfaatan sumber daya saat krisis), masyarakat menunjukkan kapasitas adaptif dengan memanfaatkan rakit sebagai solusi darurat, meskipun berisiko tinggi dan biaya mahal. Pemerintah daerah bersama BPJN juga menurunkan alat berat untuk memperbaiki kerusakan segera setelah banjir surut, menandakan adanya respons cepat dalam mengembalikan fungsi jalan.

Dari perspektif *rapidity* (kecepatan pemulihan), Jalan Trans Sulawesi mulai dapat dilalui kembali oleh kendaraan berat dalam waktu kurang dari tiga minggu, meskipun

kendaraan ringan masih terkendala genangan. Kecepatan pemulihan ini sejalan dengan penelitian Patoding, yang menekankan pentingnya sinergi teknis dan kelembagaan dalam mempercepat pemulihan fungsi jalan pascabencana [9].

Tabel 3. Dimensi Ketahanan Infrastruktur Pascabanjir Mei 2024

Dimensi	Temuan di Lapangan	Analisis Teoritis
Robustness	Jalan tidak putus total, namun lapisan aspal rusak akibat genangan	<i>Robustness</i> rendah; banjir mempercepat degradasi perkerasan
Redundancy	Tidak tersedia jalur alternatif, masyarakat bergantung pada pincara	<i>Redundancy</i> minim; risiko isolasi tinggi
Resourcefulness	Masyarakat gunakan rakit; BPJN turunkan alat berat	Kapasitas adaptif muncul, tapi bersifat darurat
Rapidity	Jalan kembali bisa dilalui $\pm 3$ minggu pascabanjir	Pemulihan relatif cepat, tetapi tidak merata untuk semua jenis kendaraan

Jika dibandingkan dengan studi Kusumowardani dkk., di Jalan Tol Semarang–Demak, pola yang muncul relatif sama: banjir menurunkan ketahanan infrastruktur meski jalan tidak langsung hancur [13]. Bedanya, pada Jalan Trans Sulawesi, ketiadaan jalur alternatif membuat dampaknya lebih luas dan sistemik.

Secara konseptual, kasus Konawe Utara menunjukkan bahwa ketahanan infrastruktur jalan masih parsial: pemulihan cepat terjadi karena adanya intervensi darurat, namun lemahnya *robustness* dan *redundancy* memperbesar risiko jika bencana serupa berulang. Oleh karena itu, strategi ke depan harus menekankan peninggian badan jalan, perbaikan sistem drainase, serta perencanaan jalur alternatif sebagai bentuk penguatan ketahanan infrastruktur transportasi lintas provinsi.

### 3.4 Diskusi Komparatif dan Implikasi Kebijakan

Hasil analisis pada Subbab A-C menunjukkan bahwa banjir Mei 2024 di Kabupaten Konawe Utara menimbulkan dampak fungsional yang kritis, memperlihatkan kerentanan tinggi, dan sekaligus menguji ketahanan infrastruktur Jalan Trans Sulawesi. Pola ini konsisten dengan teori dampak fungsional Aulia dkk., bahwa jalan yang tidak mengalami kerusakan permanen sekalipun dapat kehilangan kapasitas layanan akibat genangan [12]. Dalam kasus ini, arus distribusi BBM, logistik, serta mobilitas masyarakat terhenti total, dan bahkan muncul kerugian sosial-ekonomi yang meluas dapat dihindari.

Temuan di Konawe Utara sejalan dengan hasil penelitian Kusumowardani dkk., pada Jalan Tol Semarang–Demak yang terdampak banjir rob, menunjukkan adanya penurunan fungsi jalan berupa kecepatan kendaraan yang melambat dan biaya logistik meningkat [13]. Khairi dkk., menekankan bahwa kapasitas drainase yang tidak memadai menjadi faktor kunci kerentanan infrastruktur jalan terhadap banjir. Kondisi ini juga terjadi pada ruas Sambandete–Asera, di mana sistem drainase tidak mampu mengalirkan luapan Sungai Lalindu [11]. Rizki dkk., menunjukkan bahwa peninggian badan jalan efektif mengurangi risiko genangan di Banten, berbeda dengan Konawe Utara yang masih memiliki elevasi jalan rendah sehingga genangan 1,2–2 m tidak dapat diatasi [10].

Jika perbandingan ini memperkuat bahwa kerentanan dan dampak fungsional jalan akibat banjir bukan hanya fenomena lokal, tetapi juga terjadi di berbagai wilayah Indonesia dengan karakteristik berbeda. Berdasarkan hasil dan perbandingan tersebut, beberapa implikasi kebijakan dan strategi mitigasi yang direkomendasikan adalah:

- a. Peningkatan *Robustness* Infrastruktur



Peninggian badan jalan pada segmen Sambandete–Asera dengan lapisan perkerasan tahan genangan, serta peningkatan kapasitas sistem drainase untuk mengantisipasi curah hujan ekstrem [11].

- b. Pengembangan Jalur Alternatif (*Redundancy*)  
Perencanaan dan pembangunan jalur sekunder yang dapat difungsikan saat jalur utama terputus, guna menjaga konektivitas lintas provinsi.
- c. Penguatan Kapasitas Adaptif (*Resourcefulness*)  
Pengembangan mekanisme transportasi darurat yang lebih aman dan efektif, seperti pemasangan jembatan sementara (*bailey bridge*) untuk menggantikan solusi darurat berisiko tinggi seperti rakit. Pelatihan dan kesiapsiagaan masyarakat serta petugas dalam menghadapi banjir dan gangguan infrastruktur.
- d. Percepatan Pemulihan (*Rapidity*)  
Formalisasi mekanisme pemulihan dini (*early recovery*) dalam SOP BPJN dan instansi terkait agar pemulihan fungsi jalan lebih cepat dan merata, termasuk untuk kendaraan ringan.
- e. Integrasi ke dalam Rencana Pembangunan Wilayah  
Menjadikan peningkatan ketahanan infrastruktur jalan sebagai prioritas nasional, dengan alokasi anggaran dan kebijakan yang mendukung pembangunan infrastruktur tangguh.

Penelitian ini menegaskan bahwa banjir Mei 2024 bukan sekadar peristiwa hidrometeorologi, tetapi merupakan *stress-test* alami terhadap ketahanan infrastruktur jalan di Sulawesi Tenggara. Konsep *robust-redundant-resourceful-rapid* oleh Bruneau dkk. masih belum tercapai secara menyeluruh [1]. Oleh karena itu, strategi mitigasi dan adaptasi harus diarahkan pada perencanaan infrastruktur yang tangguh dan kebijakan transportasi yang adaptif.

### 3.5 Mitigasi dan Strategi Adaptasi

Berdasarkan hasil analisis dampak fungsional (Subbab 3.1), potensi kerentanan (Subbab 3.2), ketahanan infrastruktur (Subbab 3.3), serta diskusi komparatif dan implikasi kebijakan (Subbab 3.4), dapat disusun rekomendasi mitigasi dan strategi adaptasi untuk mengurangi risiko banjir terhadap Jalan Trans Sulawesi di masa mendatang. Strategi ini dibagi ke dalam tiga dimensi utama: teknis, sosial-ekonomi, dan kelembagaan.

- a. Mitigasi Teknis (Infrastruktur Fisik)
  - Peninggian badan jalan pada segmen Sambandete–Asera dengan material perkerasan yang lebih tahan terhadap genangan, sebagaimana direkomendasikan oleh Rizki dkk. [10].
  - Redesain sistem drainase jalan untuk mengantisipasi debit puncak luapan Sungai Lalindu, menyesuaikan dengan intensitas curah hujan tinggi di wilayah pegunungan [11].
  - Perencanaan jalur alternatif strategis sebagai redundansi jaringan transportasi, sehingga konektivitas lintas provinsi tidak sepenuhnya bergantung pada satu ruas jalan utama.
- b. Mitigasi Sosial-Ekonomi
  - Penyediaan sarana transportasi darurat yang lebih aman, misalnya jembatan sementara (*bailey bridge*), sebagai pengganti rakit tradisional (*pincara*) yang berisiko tinggi.
  - Manajemen logistik berbasis komunitas, terutama untuk distribusi BBM, pangan, dan kebutuhan pokok di wilayah terdampak isolasi.
  - Edukasi dan pelatihan masyarakat mengenai mekanisme tanggap darurat transportasi untuk meningkatkan kapasitas adaptif.
- c. Mitigasi Kelembagaan dan Tata Kelola

- Penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pemulihan jalan pascabencana, termasuk mekanisme *early recovery* berbasis sinergi antara BPJN, BPBD, dan pemerintah daerah.
- Integrasi pengurangan risiko banjir pada jalan nasional ke dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan rencana pembangunan daerah.
- Pengembangan sistem peringatan dini (*early warning system*) berbasis hidrologi Sungai Lalindu, yang dapat dihubungkan dengan aplikasi transportasi untuk memperingatkan pengguna jalan secara real time.

Dengan demikian, strategi mitigasi dan adaptasi yang diusulkan tidak hanya bersifat reaktif terhadap peristiwa banjir Mei 2024, tetapi juga proaktif dalam membangun sistem transportasi yang tangguh, adaptif, dan berkelanjutan. Integrasi aspek teknis, sosial, dan kelembagaan menjadi kunci untuk mengurangi kerentanan sistemik, meningkatkan keandalan transportasi lintas provinsi, serta mendukung stabilitas sosial-ekonomi regional di masa depan. Hal ini menunjukkan keterbaruan penelitian, yakni menjadikan banjir Mei 2024 sebagai *stress-test* alami yang memperlihatkan dimensi ketahanan infrastruktur jalan nasional dari perspektif *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity*.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menegaskan bahwa banjir Mei 2024 di Kabupaten Konawe Utara tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik, tetapi juga menjadi *stress-test* alami terhadap ketahanan Jalan Trans Sulawesi sebagai jalur arteri nasional. Fungsi distribusi logistik dan mobilitas masyarakat lumpuh akibat rendahnya elevasi jalan, sistem drainase yang tidak memadai, serta ketiadaan jalur alternatif. Analisis berdasarkan kerangka ketahanan infrastruktur *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity* oleh Bruneau dkk., menunjukkan bahwa ketahanan Jalan Trans Sulawesi masih parsial: pemulihan berlangsung relatif cepat, tetapi kerentanan struktural tetap tinggi [1]. Temuan ini menegaskan bahwa faktor fisik jalan, kapasitas drainase, dan ketersediaan jalur alternatif memiliki peran kritis dalam menentukan dampak fungsional banjir pada infrastruktur transportasi arteri. Strategi mitigasi yang diusulkan, meliputi peninggian badan jalan, perbaikan sistem drainase, pembangunan jalur alternatif, penyediaan transportasi darurat yang aman, serta integrasi mitigasi risiko ke dalam RTRW dan SOP pemulihan, menjadi langkah penting untuk meningkatkan ketahanan dan keberlanjutan jaringan jalan nasional. Meskipun penelitian ini terbatas pada data sekunder, studi ini memberikan kontribusi praktis dan konseptual bagi penguatan kebijakan transportasi di Indonesia. Penelitian lanjutan perlu melibatkan survei teknis lapangan, pemodelan spasial, serta partisipasi pemangku kepentingan agar hasilnya lebih operasional dan dapat diterapkan secara langsung dalam mendukung perencanaan serta penguatan ketahanan infrastruktur jalan nasional. Dengan demikian, keterbaruan penelitian ini terletak pada pendekatan kasus tunggal berbasis data sekunder yang menekankan analisis fungsional dan kerentanan jalan arteri lintas provinsi pasca-banjir.

#### Referensi

- [1] M. Bruneau *et al.*, "A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities," 2003, *Earthquake Engineering Research Institute*. doi: 10.1193/1.1623497.
- [2] PUPR, "Informasi Statistik Infrastruktur Pupr 2021," 2021.
- [3] BNPB, *Risiko Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2016.
- [4] BNPB, *Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Banjir*, 1.0. Direktorat Pengurangan Risiko Bencana Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2019.

- [5] BNPB, "Banjir Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara," 2024, <https://bnpb.go.id/berita/update-banjir-kabupaten-konawe-utara-sulawesi-tenggara>
- [6] BPS Kabupaten Konawe Utara, *Statistis Transportasi Kabupaten Konawe Utara Tahun 2024*. 2024.
- [7] M. A. Salim, S. I. Wahyudi, and K. Wibowo, "Analisis Faktor-Faktor Kerentanan Banjir Pesisir (Studi pada Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah)," *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, vol. 6, (2023), pp. 20–27, doi: 10.30595/pspfs.v6i.847.
- [8] A. S. Heryanti, K. S. N. Supryatna, Y. Rahayu, and M. A. Septiadi, "Analisis Potensi Faktor Penyebab Banjir Di Kecamatan Dayeuhkolot Kabupaten Bandung," *Journal Geological Processes, Risks and Integrated Spatial Modeling (JGPRISM)*, vol. 03, (2025), pp. 63–74.
- [9] M. A. ; S. I. T. B. M. Y. Patoding, "Analisis Ketahanan Kota Terhadap Bencana Banjir Di Kota Jayapura," *JURNAL WILAYAH, KOTA DAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JWIKAL)*, vol. 1, (2022), pp. 11–25.
- [10] H. S. Rizki, A. Kusumawati, and N. Zain, "Analisis Desain Pekerjaan Peninggian Jalan pada Lokasi Banjir (Studi Kasus: Ruas Bts. Kab. Serang – Bts. Kota Pandeglang)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 32, no. 1, (2025), pp. 43–54.
- [11] A. R. Khairi, N. B. Prihutomo, J. Teknik, S. Politeknik, and N. Jakarta, "Evaluasi Sistem Drainase terhadap Banjir pada Jalan Tol Jakarta-Cikampek Km 08+000 s.d. Km 10+000," *CIVeng*, vol. 6, no. 2, (2025), pp. 73–84.
- [12] Y. B. Aulia, R. B. Frazila, and A. A. Kuntoro, "Analisis Program Preservasi Jalan Terdampak Banjir Menggunakan Model Markov Chain," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 30, no. 2, (2023), pp. 263–276.
- [13] E. W. Kusumowardani, S. S. Wibowo, and F. Zukhruf, "Analisis Perubahan Kecepatan pada Jalan Tol Semarang-Demak Akibat Bencana Banjir Rob di Pesisir Utara Semarang," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 30, no. 3, (2023), pp. 491–493.
- [14] ANTARA, "Jalan Trans Sulawesi lumpuh akibat banjir dua meter di Konawe Utara," (2024). <https://www.antaranews.com/berita/4098609/jalan-trans-sulawesi-lumpuh-akibat-banjir-dua-meter-di-konawe-utara>
- [15] BPJN, "Banjir Konawe Utara, Jalur Trans Sulawesi Lumpuh," 2024. Accessed: Sep. 07, (2025). <https://binamarga.pu.go.id/balai-sultra/berita/banjir-konawe-utara-jalur-trans-sulawesi-lumpuh->
- [16] Liputan6, "Banjir Konawe Utara Putuskan Jalan Trans Sulawesi, Bikin Satu Desa Gagal Panen," (2024). <https://www.liputan6.com/regional/read/5592884/banjir-konawe-utara-putuskan-jalan-trans-sulawesi-bikin-satu-desa-gagal-panen>
- [17] Tribun News Sultra, "Banjir Konawe Utara Sulawesi Tenggara di 4 Kecamatan, 321 Warga Terisolir, 162 Jiwa Mengungsi," (2024). <https://sultra.tribunnews.com/2024/05/09/update-banjir-konawe-utara-sulawesi-tenggara-di-4-kecamatan-321-warga-terisolir-162-jiwa-mengungsi>
- [18] Liputan6, "Terjebak Banjir di Konawe Utara, Sopir Truk BBM Rugi Miliaran Rupiah," (2024). <https://www.liputan6.com/regional/read/5593037/terjebak-banjir-di-konawe-utara-sopir-truk-bbm-rugi-miliaran-rupiah?page=2>
- [19] J. Birkmann, "Measuring vulnerability to natural hazards," 2013.
- [20] M. C. De Ruiter and A. F. Van Loon, "iScience The challenges of dynamic vulnerability and how to assess it," *iScience*, p. 1, (2022).

- [21] CNN Indonesia, "FOTO: Banjir di Konawe Utara, Jalan Trans Sulawesi Lumpuh," (2024).  
<https://www.cnnindonesia.com/nasional/20240513085018-22-1096764/foto-banjir-di-konawe-utara-jalan-trans-sulawesi-lumpuh>
- [22] BNPB, "Banjir Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara," 2024.
- [23] R. S. Nuhun, L. Welenodo, L. A. Thamrin MZ, A. Fajri, F. Faharuddin, and S. Sakti, "Analisis Penyebab Banjir dan Penanganan Infrastruktur Beserta Estimasi Biaya," *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, vol. 24, no. 3, (2024), pp. 563–583.