

Faktor-Faktor Penentu Ketahanan Jalan Tol di Indonesia terhadap Bencana Tanah Longsor

El Alivi Nur Azmia^{1,*}, Mohammad Arif Rohman¹

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: elalivinurazmia@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	22 Juli 2024	<i>Indonesia is located on tectonic plates that create a volcanic belt, making it vulnerable to natural disasters such as volcanic eruptions, floods, earthquakes, and landslides. Global warming and climate change increase the intensity and frequency of these disasters. To mitigate the impact of landslides on toll road infrastructure, the concept of resilience is crucial for disaster preparedness. This study aims to identify factors affecting the resilience of toll road infrastructure by distributing questionnaires and conducting statistical mean and descriptive analyses after a literature review. The involvement of expert respondents is expected to provide a comprehensive and representative perspective. The analysis results indicate that out of 20 identified resilience variables, 18 are considered relevant as factors for toll road resilience against landslides. The variable with the highest agreement is the implementation of risk management.</i>
Diperbaiki	25 Juli 2024	
Disetujui	36 Juli 2024	

Keywords: landslide, resilience, toll road

Abstrak

Indonesia terletak di atas lempeng tektonik yang menciptakan sabuk vulkanik, membuatnya rentan terhadap bencana alam seperti letusan gunung berapi, banjir, gempa bumi, dan tanah longsor. Pemanasan global dan perubahan iklim meningkatkan intensitas dan frekuensi bencana ini. Untuk mengurangi dampak tanah longsor pada infrastruktur jalan tol, konsep ketahanan sangat penting untuk kesiapsiagaan bencana. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan infrastruktur jalan tol dengan menyebarkan kuesioner dan melakukan analisis statistik *mean* serta analisis deskriptif setelah melakukan tinjauan pustaka. Keterlibatan responden ahli diharapkan memberikan perspektif yang komprehensif dan representatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari 20 variabel ketahanan yang diidentifikasi, 18 di antaranya dianggap relevan sebagai faktor ketahanan jalan tol terhadap bencana tanah longsor. Variabel yang memiliki nilai persetujuan tertinggi adalah implementasi manajemen risiko.

Kata kunci: jalan tol, resiliensi, tanah longsor

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus berkembang. Bagi Indonesia, sebuah negara kepulauan dengan kondisi geografis yang unik, pembangunan infrastruktur sangat penting. Untuk mendukung transformasi ekonomi menuju visi Indonesia Maju 2045, peningkatan produktivitas melalui pembangunan infrastruktur menjadi salah satu kebijakan utama pemerintah pada tahun 2023 [1]. Salah satu jenis infrastruktur yang penting adalah jalan tol, yang termasuk dalam kategori infrastruktur transportasi. Dalam sistem perkotaan, infrastruktur kritis seperti bangunan, jaringan transportasi, serta jaringan energi dan air, sangat vital karena peran mereka yang esensial dalam menjaga fungsi sosial. Kerusakan pada infrastruktur kritis dapat melemahkan pertahanan kota dan mengganggu kegiatan ekonomi [2].

Pembangunan infrastruktur merupakan tulang punggung bagi pemerataan pembangunan nasional. Ketersediaan in-

frastruktur yang handal tidak hanya menjadi penggerak sektor ekonomi, tetapi juga berdampak pada dimensi pembangunan lainnya seperti pendidikan, sosial, aksesibilitas wilayah, dan distribusi barang. Salah satu upaya pemerintah dalam membangun infrastruktur adalah dengan mengalokasikan anggaran belanja negara yang memadai serta menerapkan berbagai kebijakan untuk mempercepat pembangunannya. APBN Kementerian PUPR Tahun Anggaran 2023 dialokasikan untuk lima jenis program, di mana anggaran terbesar dialokasikan untuk program infrastruktur konektivitas, yaitu senilai Rp86,5 triliun atau sebesar 47,55% dari total anggaran [3].

Lokasi geografis Indonesia yang berada di pertemuan antara lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik menjadikan negara ini memiliki sabuk vulkanik. Kondisi tersebut membuat Indonesia rentan terhadap bencana alam seperti letusan gunung berapi, banjir, gempa bumi, dan

tanah longsor. Bencana alam umumnya menimbulkan kerusakan yang signifikan pada bangunan dan infrastruktur fisik. Pemanasan global dan perubahan iklim semakin meningkatkan intensitas bencana alam, seperti banjir, gempa bumi, kekeringan, dan angin puting beliung [4]. Meningkatnya frekuensi dan intensitas bencana akhir-akhir ini telah membuat infrastruktur transportasi semakin rentan terhadap gangguan [5].

Tercatat 44.233 bencana telah terjadi di Indonesia, dengan 7.437 di antaranya adalah tanah longsor. Pada tahun 2023, terjadi 427 tanah longsor di Indonesia, di mana 183 terjadi di Pulau Jawa. Tanah longsor ini telah menelan total 362.277 korban, dengan 3.198 korban meninggal dunia, serta berbagai kerusakan pada rumah, fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, tempat ibadah, dan fasilitas umum lainnya [6].

Menurut data PUPR, kejadian tanah longsor di Indonesia terus meningkat dari tahun 2012 hingga 2022 [3]. Tanah longsor dan banjir adalah bencana yang sering terjadi di negara ini. Berdasarkan tren kejadian bencana dari tahun 2014 hingga 2023, bencana hidrometeorologi basah seperti banjir, tanah longsor, dan cuaca ekstrem selalu mendominasi, diikuti oleh bencana hidrometeorologi kering seperti kebakaran hutan dan lahan. Namun, jika dilihat dari jumlah korban jiwa meninggal dan hilang, tanah longsor merupakan bencana yang paling mematikan, dengan 144 orang meninggal dan hilang, diikuti oleh banjir, cuaca ekstrem, letusan gunung api, dan kekeringan [7].

Tercatat dari Januari hingga Juli 2024 ini, tanah longsor menjadi bencana dengan kejadian tertinggi di Indonesia, yaitu sebanyak 252 kejadian, diikuti oleh banjir dengan 248 kejadian [6]. Berdasarkan informasi berita, bencana yang sering terjadi pada jalan tol adalah banjir dan tanah longsor, namun tanah longsor memiliki dampak yang lebih besar terhadap operasional jalan tol. Tanah longsor yang terjadi pada jalan tol dapat menyebabkan penutupan jalur hingga penghentian sementara operasional jalan tol.

Pada tahun 2022, terjadi tanah longsor di Tol Pandaan-Malang KM 78-79 yang menyebabkan jalan tol tidak berfungsi maksimal, dengan hanya satu lajur yang dibuka di masing-masing arah [8]. Material longsor menutupi jalan tol, sehingga diperlukan pembersihan menggunakan alat berat, yang memakan waktu beberapa hari. Selain itu, pada 26 Februari 2023, bahu Jalan Tol Purwakarta mengalami longsor sepanjang 15 meter akibat hujan deras [9]. Akibatnya, aktivitas warga dan arus wisata terganggu karena kendaraan yang melintas harus bergantian. Pada tahun 2020, terjadi juga tanah longsor di Tol Purbaleunyi KM 118 [10].

Dampak bencana tanah longsor pada jalan tol tidak hanya berupa kerugian material, tetapi juga mempengaruhi kehidupan masyarakat. Ketika tanah longsor mengganggu operasional jalan tol, efektivitas jalan tol menurun karena tidak dapat berfungsi dengan baik. Jalan tol, yang dirancang sebagai rute alternatif untuk perjalanan cepat dan efisien [11], mengalami penurunan performa saat terganggu oleh bencana yang menyebabkan keterlambatan dan peningkatan kemacetan lalu lintas di jalan nasional. Gangguan operasional ini tidak hanya mengurangi manfaat utama jalan tol, tetapi juga berdampak negatif pada mobilitas dan aktivitas ekonomi masyarakat.

Dari perspektif keberlanjutan, terganggunya operasional jalan tol akan mengurangi perannya dalam mewujudkan pemerataan pembangunan dan pengembangan wilayah [3]. Penutupan atau gangguan operasional jalan tol menghambat aliran barang dan jasa, menyebabkan penundaan dalam rantai pasok. Hal ini berdampak pada kenaikan biaya logistik dan harga barang di pasaran, yang pada akhirnya merugikan konsumen. Gangguan pada aksesibilitas dan konektivitas antar wilayah juga mempengaruhi perkembangan ekonomi wilayah terdampak. Kerugian ekonomi yang signifikan dapat terjadi akibat tertundanya pengiriman barang, menyebabkan industri manufaktur, perdagangan, dan sektor jasa mengalami penurunan produksi dan pendapatan karena keterlambatan distribusi bahan baku dan produk jadi.

Pembangunan jalan tol sebagai elemen kunci dalam perekonomian berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi jangka menengah dan panjang. Sebagai contoh, pembangunan jalan tol Tangerang-Merak telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan daerah Provinsi Banten. Pada triwulan III tahun 2013, jalan tol ini berkontribusi sekitar 5,7% terhadap pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten [12]. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan jalan tol adalah langkah strategis dalam meningkatkan konektivitas, yang secara tidak langsung dapat berdampak positif pada peningkatan ekonomi.

Pembangunan berkelanjutan menjadi agenda global yang mendesak dalam upaya memastikan kesejahteraan sosial, ekonomi, dan lingkungan bagi generasi saat ini dan mendatang. Pembangunan infrastruktur yang tangguh merupakan salah satu pilar utama dalam mencapai tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) 2030. Berdasarkan Peraturan Presiden, pemerintah Indonesia mengintegrasikan program pembangunan nasional dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 2030 dengan menyusun "Rencana Aksi Pembangunan Berkelanjutan" [13].

Dalam upaya mengurangi dampak tanah longsor terhadap jalan tol, penerapan konsep resiliensi sangat diperlukan sebagai bentuk kesiapsiagaan penanggulangan bencana. Ketahanan dapat ditingkatkan melalui tindakan yang dilakukan sebelum dan setelah bencana terjadi. Ketahanan jalan tol terhadap bencana alam semakin mendesak mengingat meningkatnya frekuensi dan intensitas bencana yang dipicu oleh perubahan iklim. Ketahanan ini bertujuan tidak hanya untuk melindungi investasi besar dalam pembangunan jalan tol tetapi juga untuk memastikan bahwa jaringan transportasi tetap beroperasi dan mendukung pemulihan cepat pasca bencana. Hal ini sejalan dengan SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) yang menekankan pentingnya infrastruktur berkualitas dan tangguh, serta SDG 11 (Kota dan Komunitas Berkelanjutan) yang menggarisbawahi perlunya kota dan pemukiman manusia yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan [14].

Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti serta organisasi nasional dan internasional telah menekankan pentingnya resiliensi (ketahanan) daripada tindakan pemulihan [15], dan konsep ini semakin cepat menjadi populer. Resiliensi memastikan bahwa sistem dapat bertahan menghadapi bencana, baik yang diperkirakan maupun tidak, dengan menerima kerusakan seminimal mungkin [5]. Perbaikan dan peningkatan infrastruktur kritis perkotaan memiliki peluang besar untuk membuat kota menjadi lebih tangguh [2].

Menurut Jia, dkk., resiliensi mengacu pada kemampuan sistem untuk bertahan dan pulih dari bencana eksternal [16]. Dalam bidang teknik sipil, ketahanan merujuk pada kemampuan sistem untuk bertahan atau pulih dari bencana seperti gempa bumi, banjir, tanah longsor, dan ledakan [16]. Penilaian ketahanan adalah metode yang populer dan umum digunakan untuk membantu memahami sistem ketahanan yang kompleks serta sifat dan karakteristiknya. Kerangka kerja yang dibuat untuk penilaian ketahanan sering kali berbasis indikator. Penilaian ketahanan mencerminkan karakteristik yang sangat penting untuk pencegahan risiko dan bencana [17]. Indikator dinilai berdasarkan kemampuannya untuk mengkarakterisasi infrastruktur dalam menghadapi gangguan atau guncangan, serta untuk mendukung para pemangku kepentingan dalam proses pengambilan keputusan [2].

Penelitian mengenai resiliensi di Indonesia umumnya masih secara umum. Misalnya, penelitian tentang *urban resilience* di Surabaya menilai ketahanan infrastruktur terhadap *hazard* [18]. Penelitian yang dilakukan oleh Ciptaningrum mengevaluasi wilayah perkotaan dari aspek sosialnya, yaitu *social resilience* dalam menghadapi bencana banjir akibat perubahan iklim di Gresik [19]. Penelitian-penelitian ini

umumnya berbasis indikator. Pada penelitian Agustin dan Adi, mengukur tingkat resiliensi suatu kota berdasarkan simulasi gempa bumi [4]. Sebagian besar penelitian tentang resiliensi di Indonesia membahas ketahanan suatu kota secara umum dan tidak terfokus pada satu jenis infrastruktur tertentu seperti jalan tol.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan ketahanan suatu infrastruktur dipengaruhi oleh berbagai faktor [5] [20] [21] [22] [23] [24] [25]. Penelitian mengenai ketahanan jalan tol terhadap bencana tanah longsor di Indonesia masih terbatas, meskipun urgensinya sangat tinggi. Ketahanan infrastruktur jalan tol tidak hanya berpengaruh pada efisiensi transportasi dan ekonomi, tetapi juga pada keselamatan dan kesejahteraan masyarakat. Kerusakan jalan tol akibat bencana tanah longsor dapat mengganggu distribusi barang dan jasa, menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan, dan menghambat aksesibilitas wilayah terdampak.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan jalan tol di Indonesia terhadap bencana tanah longsor untuk mewujudkan keberlanjutan infrastruktur di Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan berbasis indikator dan melibatkan para ahli di bidangnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang komprehensif dan solusi praktis untuk meningkatkan ketahanan jalan tol. Hasil penelitian ini akan berkontribusi pada perumusan kebijakan yang lebih efektif dan implementasi praktik terbaik dalam pembangunan infrastruktur yang tangguh. Hal ini, pada gilirannya, mendukung agenda pembangunan berkelanjutan di Indonesia, memastikan bahwa infrastruktur penting seperti jalan tol dapat terus beroperasi dengan aman dan efisien meskipun menghadapi ancaman bencana alam.

2. Metode

Literature review dilakukan sebagai tahap awal untuk mencapai tujuan penelitian ini. Pencarian kata kunci relevan pada jurnal terakreditasi dilakukan, dan artikel terkait dikumpulkan untuk analisis konten. Langkah ini bertujuan untuk memahami *literature* terkini mengenai ketahanan jalan tol. Langkah kedua adalah mengidentifikasi daftar potensi faktor ketahanan jalan tol. Pada langkah ini, berfokus pada pengumpulan data. Pengumpulan data didapat dengan instrumen berupa kuesioner. Kuesioner akan menggunakan skala *Likert* dengan skala 1 sampai 5 dimana: 1 = sangat tidak setuju; 2 = tidak setuju; 3 = netral; 4 = setuju; dan 5 = sangat setuju. Pengambilan data penelitian akan menggunakan *purposive sampling* agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Langkah

terakhir terdiri dari analisis. Analisis deskriptif dan kuantitatif dilakukan kemudian hasil analisis diinterpretasikan dan dijelaskan.

Responden yang dituju adalah para ahli yang terdiri dari berbagai pihak yang terlibat dalam operasional jalan tol dan juga akademisi. Hasil kuesioner akan diolah menggunakan analisis *mean*. Nilai 3 digunakan sebagai nilai tengah untuk menentukan relevansi variabel. Variabel penelitian harus memiliki nilai rata-rata di atas tiga agar dianggap relevan dan dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut [26].

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survei kuesioner dan data sekunder diperoleh dari studi literatur. Dari studi literatur, didapat 17 faktor ketahanan jalan tol yang kemudian digunakan dalam penelitian. Variabel penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

3.1 Analisis Karakteristik Responden Penelitian

Responden ahli untuk kuesioner pendahuluan adalah responden yang memiliki keahlian dalam bidang jalan tol di Indonesia. Pemilihan responden ahli didasarkan pada pengetahuan dan pengalaman yang relevan dengan operasional dan pemeliharaan jalan tol. Oleh karena itu, responden yang dipilih harus memiliki minimal 5 tahun pengalaman dalam operasional jalan tol [26]. Analisis karakteristik responden ini dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai latar belakang responden sebagai informasi tambahan dalam hasil penelitian.

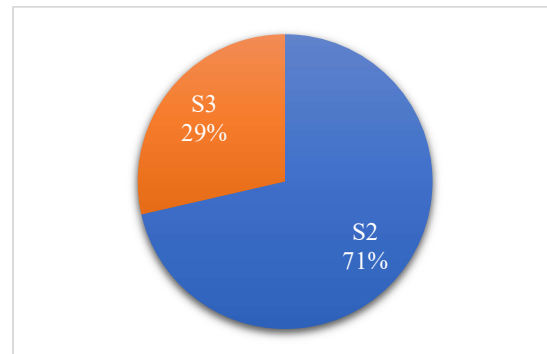
Kuesioner dalam penelitian ini menggunakan skala *Likert*, di mana responden diminta untuk mengisi kuesioner berdasarkan pengalaman dan pengetahuan mereka. Responden dalam penelitian ini termasuk badan usaha, kontraktor, dan konsultan yang berjumlah 7 orang, yang memiliki latar belakang pendidikan minimal S2 dan pengalaman dalam bidang jalan tol selama 10 tahun.

Sebagian besar responden, 71% responden, memiliki tingkat pendidikan Strata 2. 29% responden memiliki latar belakang tingkat pendidikan Strata 2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam **Gambar 1**.

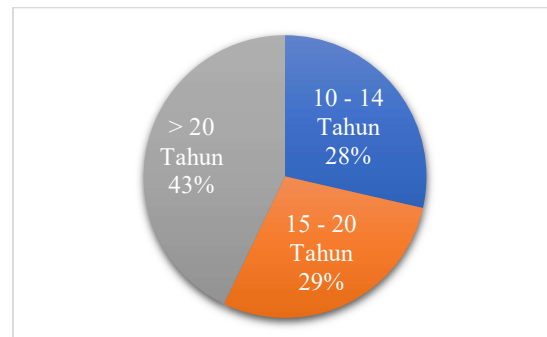
Selain latar belakang pendidikan, lama pengalaman bekerja juga dianalisis. Pengalaman responden bekerja di industri konstruksi dan operasional jalan tol pada penelitian ini dibagi menjadi 3 kategori, yaitu telah bekerja dalam kurun waktu antara 10–14 tahun, antara 15–20 tahun dan lebih dari 20 tahun. Dari hasil identifikasi pada **Gambar 2**, diperoleh bahwa sebanyak 43% responden memiliki pengalaman >20

tahun, 29% memiliki pengalaman 15-20 tahun, dan 28% memiliki pengalaman 10-14 tahun bekerja di konstruksi dan operasional jalan tol.

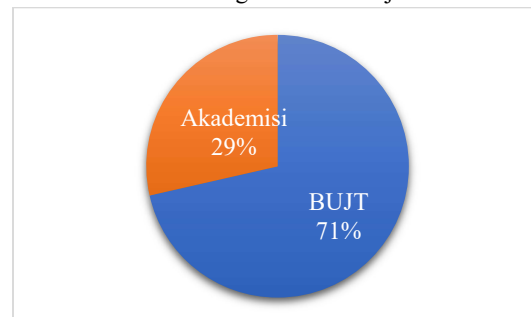
Dapat dilihat pada **Gambar 3**, bahwa 71% responden berasal dari badan usaha jalan tol dan 29% merupakan akademisi. Hal ini menunjukkan bahwa semua responden sudah memiliki pengalaman dan pengetahuan yang cukup dalam menangani konstruksi dan operasional jalan tol di Indonesia. Pengalaman bekerja responden penelitian sangatlah berpengaruh pada hasil penelitian ini dan penting untuk ditinjau.



Gambar 1. Pendidikan Responden



Gambar 2. Lama Pengalaman Bekerja



Gambar 3. Bidang Pekerjaan Responden

3.2 Analisis Data

Data kuesioner ini diperoleh dari responden ahli yang terdiri dari praktisi profesional dalam bidang operasional jalan tol dan akademisi. Jumlah responden ahli dalam penelitian ini adalah tujuh orang, yang dianggap memadai sesuai dengan hasil penelitian Shrotryia, yang mengatakan jumlah minimum responden ahli yang direkomendasikan adalah 3, sedangkan jumlah maksimumnya tidak ditentukan, tetapi melebihi 10 responden ahli dapat mengurangi tingkat persetujuan [27].

Hasil pengolahan data yang dilakukan menunjukkan deskripsi dari jawaban responden, dengan nilai rata-rata dan standar deviasi disajikan untuk setiap indikator dalam **Tabel 2**. Nilai rata-rata jawaban responden menunjukkan tingkat persetujuan terhadap variabel, dengan skala 1 hingga 5 digunakan dalam penelitian ini. Semakin besar nilainya, semakin tinggi tingkat persetujuan terhadap variabel ketahanan jalan tol.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Kode	Variabel	Definisi Operasional
X1	Total Panjang Jalan yang Terganggu	Semakin pendeknya panjang jalan yang mengalami kerusakan akan mengurangi waktu <i>delay</i> yang terjadi dan juga akan mengurangi signifikansi dari gangguan konektivitas akibat adanya gangguan.
X2	Jumlah lajur	Memiliki banyak lajur memberikan peluang untuk membuat satu lajur menjadi lajur yang arusnya dapat dibalik untuk menjamin mobilitas kendaraan.
X3	Jumlah jalan alternatif	Jumlah rute opsional yang tersedia akan meningkatkan redundansi jaringan yang akan membantu jaringan berfungsi secara teratur setelah terkena bencana.
X4	Jarak Persimpangan dari Daerah yang Terdampak Longsor	Intensitas dampak bencana akan berkurang seiring dengan semakin jauhnya jarak persimpangan dari pusat longsor karena persimpangan yang terganggu akan menimbulkan <i>delay</i> lebih lama.
X5	Ketersediaan Data Bencana Longsor pada Jalan Tol Sebelumnya	Data historis akan memungkinkan untuk memprediksi tingkat gangguan dan karenanya membantu persiapan yang lebih baik dalam menangani bencana.
X6	Akses ke Data Bencana untuk Tanah Longsor	Kemudahan akses data bencana akan membantu dalam tahap kesiapsiagaan dan pemulihan.
X7	Ketersediaan Peralatan Respons Darurat	Memiliki persediaan peralatan tanggap darurat yang cukup dapat membantu dalam kegiatan pemulihan.
X8	Akses ke Sumber Daya yang dibutuhkan	Kemampuan untuk memperoleh dan menggunakan sumber daya seperti mesin, material dan manusia, secara cepat dan efisien untuk mengembalikan fungsionalitas dari jalan yang berdampak, akan membuat sistem menjadi lebih resilien.
X9	Pengetahuan Karyawan Mengenai Resiliensi	Orang yang memiliki pengetahuan yang tepat mengenai resiliensi dapat sangat membantu dalam manajemen serta akan memiliki kemauan untuk meningkatkan ketahanan jalan tol terhadap bencana.
X10	Ketersediaan Media Pembelajaran Mengenai Ketahanan Jalan Tol	Tersedianya platform untuk memberikan pendidikan untuk meningkatkan pengetahuan mengenai ketahanan jalan tol.
X11	Frekuensi Evaluasi Ketahanan Jalan Tol	Frekuensi evaluasi yang dilakukan secara teratur akan membantu dalam menerapkan praktik resiliensi yang benar dan membantu dalam kesiapsiagaan.
X12	Lamanya <i>Delay</i> yang Terjadi	Semakin sedikit perbedaan antara waktu tempuh kondisi normal dan kondisi pasca bencana, semakin tinggi efisiensi jaringan dalam mengakomodasi dan mengelola lalu lintas.

Kode	Variabel	Definisi Operasional
X13	Pengalaman Bencana Sebelumnya	Pengalaman yang dimiliki dalam menangani jalan tol saat menghadapi bencana akan lebih efisien dalam menangani dan merespons bencana di masa mendatang.
X14	Tingkat Kerusakan	Tingkat keparahan kerusakan infrastruktur jalan tol mengalami kerusakan akibat bencana tanah longsor.
X15	Waktu Memulai Pekerjaan Rekonstruksi	Seberapa cepat proyek perbaikan dimulai setelah terjadinya bencana atau gangguan
X16	Evaluasi Rutin Sistem Respons Darurat	Proses evaluasi berkala terhadap sistem yang digunakan untuk menanggapi keadaan darurat.
X17	Ketersediaan Dana Darurat	Ketersediaan sumber daya keuangan yang dapat digunakan segera untuk tanggap darurat ketika terjadi bencana.

Tabel 2. Analisis Deskriptif Variabel Penelitian

Kode	Variabel	Rata-Rata	St. Dev	Keterangan	Kode	Variabel	Rata-Rata	St. Dev	Keterangan
X20	Implementasi Manajemen Risiko	4,86	0,38	Relevan	X12	Lamanya <i>Delay</i> yang Terjadi	4,43	0,53	Relevan
X7	Ketersediaan Peralatan Respons Darurat	4,71	0,49	Relevan	X5	Ketersediaan Data Bencana Longsor pada Jalan Tol	4,29	0,49	Relevan
X13	Pengalaman Bencana Sebelumnya	4,71	0,49	Relevan	X6	Sebelumnya Akses ke Data Bencana untuk Tanah Longsor	4,29	0,49	Relevan
X19	Mutu/Kualitas Perkerasan Jalan	4,71	0,49	Relevan	X9	Pengetahuan Karyawan Mengenai Resiliensi	4,29	0,49	Relevan
X16	Evaluasi Rutin Sistem Respons Darurat	4,57	0,53	Relevan	X10	Ketersediaan Media Pembelajaran Mengenai Ketahanan Jalan Tol	4,29	0,49	Relevan
X17	Ketersediaan Dana Darurat	4,57	0,53	Relevan	X14	Tingkat Kerusakan Waktu	4,29	0,76	Relevan
X18	Perkerasan Jalan	4,57	0,79	Relevan	X15	Memulai Pekerjaan Rekonstruksi Total Panjang	4,29	0,76	Relevan
X8	Akses ke Sumber Daya yang dibutuhkan	4,43	0,79	Relevan	X1	Jalan yang Terganggu	4,14	0,38	Relevan
X11	Frekuensi Evaluasi Ketahanan Jalan Tol	4,43	0,53	Relevan					

Kode	Variabel	Rata-Rata	St. Dev	Keterangan
X4	Jarak Persimpangan dari Daerah yang Terdampak Longsor	3,00	0,82	Relevan
X2	Jumlah lajur	2,86	0,90	Tidak Relevan
X3	Jumlah jalan alternatif	2,86	0,69	Tidak Relevan

Variabel penelitian harus memiliki nilai rata-rata di atas tiga agar dianggap relevan dimana nilai 3 adalah nilai tengah dari skala yang digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil kuesioner didapatkan 3 variabel tambahan dari rekomendasi para ahli, yaitu desain perkerasan jalan (X18), mutu/kualitas perkerasan jalan (X19), dan implementasi manajemen risiko (X20). Hasil analisis nilai rata-rata jawaban responden menunjukkan bahwa responden umumnya setuju dengan variabel yang digunakan, meskipun terdapat beberapa tidak-setujuan pada dua variabel.

Nilai *mean* yang diperoleh berkisar antara 3,00 hingga 4,86, dengan nilai standar deviasi antara 0,38 hingga 0,90, yang juga menunjukkan adanya persetujuan terhadap variabel dalam penelitian. Namun, terdapat nilai *mean* sebesar 2,86 untuk variabel jumlah lajur dan variabel jumlah jalan alternatif. Kedua variabel ini memiliki nilai rata-rata di bawah 3, sehingga dianggap tidak relevan. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan tingkat persetujuan terhadap variabel, yang berkisar antara 1 hingga 5. Semakin besar nilainya, semakin tinggi tingkat persetujuan terhadap variabel ketahanan jalan tol. Dengan demikian, terdapat 18 variabel yang diajukan dalam penelitian ini yang dianggap relevan sebagai faktor yang mempengaruhi ketahanan jalan tol.

3.3 Diskusi dan Pembahasan

Hasil identifikasi faktor-faktor ketahanan jalan tol di Indonesia didapat 18 variabel. Variabel yang memiliki nilai persetujuan tertinggi adalah implementasi manajemen risiko. Dengan penerapan manajemen risiko yang menyeluruh, jalan tol dapat menjadi lebih tahan terhadap berbagai ancaman dan gangguan, sehingga memastikan operasional yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Implementasi ini juga membantu mengurangi kerugian finansial serta dampak negatif terhadap pengguna jalan dan lingkungan sekitarnya. Penelitian oleh

[21] menunjukkan bahwa kesiapsiagaan yang dihasilkan dari manajemen risiko memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan. Hal ini juga dapat ditingkatkan dengan menggabungkan faktor lain seperti ketersediaan dana.

Ketersediaan data bencana longsor sebelumnya dan akses ke data bencana juga sangat penting untuk memprediksi gangguan dan memfasilitasi kegiatan rekonstruksi, seperti yang dinyatakan oleh Nipa [5], Besinovic [28], dan Nipa, dkk., [23]. Besinovic menyatakan bahwa data historis memungkinkan prediksi tingkat gangguan dan membantu persiapan yang lebih baik dalam menghadapi bencana [28]. Nipa, dkk., mengungkapkan bahwa ketersediaan dan akses terhadap data bencana sebelumnya pada jalan tol akan mempercepat dimulainya kegiatan rekonstruksi setelah bencana terjadi, karena pengalaman sebelumnya telah diperoleh dan akan membantu dalam penyediaan pendanaan rutin serta investasi dalam kegiatan peningkatan ketahanan [23]. Oleh karena itu, penting untuk menjaga agar data tersebut terorganisir dengan baik.

Pengalaman dari bencana sebelumnya memiliki peran penting dalam mempengaruhi strategi dan tindakan yang diambil untuk meningkatkan ketahanan jalan tol. Dengan memanfaatkan pengalaman ini, pengelola jalan tol dapat menerapkan langkah-langkah proaktif untuk meningkatkan ketahanan [25] dan memastikan infrastruktur dapat bertahan dan pulih dengan cepat dari gangguan di masa depan [5]. Selain itu, pengetahuan karyawan tentang resiliensi sangat penting untuk memastikan bahwa infrastruktur jalan tol dapat bertahan dan pulih dengan cepat dari berbagai gangguan atau bencana. Dengan pengetahuan yang kuat tentang resiliensi, karyawan dapat berkontribusi secara signifikan dalam memastikan ketahanan dan keberlanjutan operasional jalan tol, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi infrastruktur secara keseluruhan [5].

Evaluasi rutin sistem respons darurat sangat penting untuk mengembangkan penilaian resiliensi dan rencana mitigasi bencana, termasuk kesiapsiagaan dan pemulihan, sesuai dengan penelitian. Frekuensi evaluasi ketahanan jalan tol juga berkontribusi pada ketahanan keseluruhan jalan tol. Nipa, dkk., menyatakan bahwa dengan mengukur dan memantau tingkat ketahanan infrastruktur secara teratur, organisasi dapat menerapkan praktik yang tepat untuk jalan tol yang memiliki tingkat ketahanan rendah [5]. Waktu memulai rekonstruksi, frekuensi evaluasi ketahanan, ketersediaan dana darurat, dan lamanya *delay* juga berperan penting dalam memastikan ketahanan jalan tol terhadap bencana sesuai dengan penelitian [23] dan [5]. Keterlambatan dalam kegiatan pemulihan dan perbaikan akan mengurangi kecepatan pemulihan dan memperpanjang

waktu pemulihan. Namun, dengan adanya dana darurat, pengelola jalan tol dapat merespons dengan cepat dan efisien, mengurangi dampak negatif pada operasional dan keselamatan pengguna jalan, serta memungkinkan pemulihan segera setelah terjadinya bencana. Selain itu, panjang jalan yang terganggu dan tingkat kerusakan mempengaruhi durasi rekonstruksi dan delay, sehingga mempengaruhi ketahanan jalan tol, sesuai dengan penelitian Nipa [5] dan Ganin [20].

4. Simpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan jalan tol di Indonesia terhadap bencana tanah longsor dalam mewujudkan keberlanjutan infrastruktur di Indonesia. Hasil dari penelitian ini sesuai dengan tujuan penelitian yaitu dari 20 variabel, didapatkan 18 variabel relevan berdasarkan pada pengalaman praktis yang kaya dan beragam dalam jalan tol. Temuan ini menegaskan bahwa untuk meningkatkan ketahanan jalan tol terhadap bencana tanah longsor, manajemen risiko harus menjadi prioritas utama. Manajemen risiko yang efektif memungkinkan prediksi risiko yang lebih baik dan kesiapsiagaan yang lebih baik, yang pada akhirnya meningkatkan ketahanan jalan tol.

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Keuangan Republik Indonesia, "Kementerian Keuangan Republik Indonesia," 2023. [Online]. Available: <https://www.kemenkeu.go.id/-informasi-publik/publikasi/berita-utama/Fokus-APBN-2023>. [Diakses 13 12 2023].
- [2] Z. Yang, B. Barroca, A. Bony-Dandrieux dan H. Dolidon, "Resilience Indicator of Urban Transport Infrastructure: A Review on Current Approaches," *Infrastructures*, vol. 7, no. 33, 2022.
- [3] PUPR, "Informasi Statistik Infrastruktur," 2023.
- [4] A. D. Agustin dan T. J. W. Adi, "Prediction Models of Infrastructure Resilience as a Decision Support System Based on Bayesian Network," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021.
- [5] T. J. Nipa, S. Kermanshachi dan A. Pamidimukkala, "Development of decision-making system measuring the resilience level of highway projects," *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, vol. 4, no. 16, 2023.
- [6] BNPB, "Data Informasi Bencana Indonesia," 2024. [Online]. Available: <https://dibi.bnpb.go.id/>. [Diakses 28 1 2024].
- [7] BNPB, "Data Bencana Indonesia Tahun 2023," 2023.
- [8] detikJatim, "detikjatim," 2022. [Online]. Available: <https://www.detik.com/jatim/berita/d-5975145/proses-pembersihan-material-longsor-tol-pandaan-malang-masih-berlangsung>. [Diakses 2024].
- [9] P. Sinulingga, "Kompas TV," 2023. [Online]. Available: <https://www.kompas.tv/video/382512/-akibat-hujan-deras-bahu-jalan-tol-purwakarta-longsor>. [Diakses 2024].
- [10] D. Iqbal, "mongabay," 2020. [Online]. Available: <https://www.mongabay.co.id/2020/02/28/longsor-di-tol-purbaleunyi-km-118-bukti-minimnya-penataan-ruang-di-kawasan-bencana/>. [Diakses 2024].
- [11] Jasamarga, "Annual Report 2023," 2023.
- [12] L. Anggraini, "Alternatif Struktur Modal Investasi Proyek Jalan Tol Ciawi-Sukabumi Dengan Pembiayaan Sukuk," 2024.
- [13] Peraturan Presiden, "Peraturan Presiden No.97 Tahun 2017," 2017.
- [14] Department of Economic and Social Affairs, "United Nation," 2024. [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals>. [Diakses 2024].
- [15] C. Wan, Z. Yang, D. Zhang, X. Yan dan S. Fan, "Resilience in transportation systems: a systematic review and future directions," *Transport Reviews*, 2017.
- [16] S. Jia dan D.-J. Zhan, "Resilience and sustainability assessment of individual buildings under hazards: A review," *Structures*, p. 924–936, 2023.
- [17] Z. Yang, B. Barroca, A. Bony-Dandrieux dan H. Dolidon, "Practical indicators for road infrastructure resilience to flood risks in France, case study of Nantes Ring Road network," *FLOODrisk2020 - 4th European Conference on Flood Risk Management*, 2021.
- [18] R. Fauzan, "Studi penilaian tingkat resiliensi infrastruktur terhadap bencana gempa bumi di Kota Surabaya," 2018.
- [19] M. U. Ciptaningrum, "Adptasi Peningkatan Resiliensi Aspek Sosial Berdasarkan Konsep Climate and Disaster Resilience Initiative (CDRI)," 2017.
- [20] A. A. Ganin, A. C. Mersky, A. S. Jin, M. Kitsak, J. M. Keisler dan I. Linkov, "Resilience in intelligent transportation systems (ITS)," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 100, 318-329, 2019.
- [21] T. Y. Liao, T. Y. Hu dan Y. N. Ko, "A resilience optimization model for transportation networks under disasters," *Natural hazards*, 93(1), 469-489, 2018.

- [22] T. J. Nipa, "Identification of Resilience Dimensions and Development of a Decision-Making System to Measure the Resilience Level of Highway Networks," 2023.
- [23] T. J. Nipa dan S. Kermanshachi, "Resilience measurement in highway and roadway infrastructure: Expert's perspective," *Progress in Disaster Science*, 2022.
- [24] W. Sun, P. Bocchini dan B. D. Davison, "Resilience metrics and measurement methods for transportation infrastructure: the state of the art," *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(3), 168-199, 2020.
- [25] C. Wan, Z. Yang, D. Zhang, X. Yan dan S. Fan, "Resilience in transportation systems: a systematic review and future direction," *Transport reviews*, 38(4), 479-498, 2018.
- [26] M. A. Rohman, "Stakeholders' Perspective on Achieving Project Social Benefit from Indonesian Toll Roads," 2017.
- [27] V. K. Shrotryia dan U. Dhanda, "Content Validity of Assessment Instrument for Employee Engagement," *SAGE Open*, 2019.
- [28] N. Besinovic, "Resilience in railway transport systems: a literature review and research agenda," *Transport Reviews*, 40(4), 457-478, 2020.

Halaman ini sengaja dikosongkan