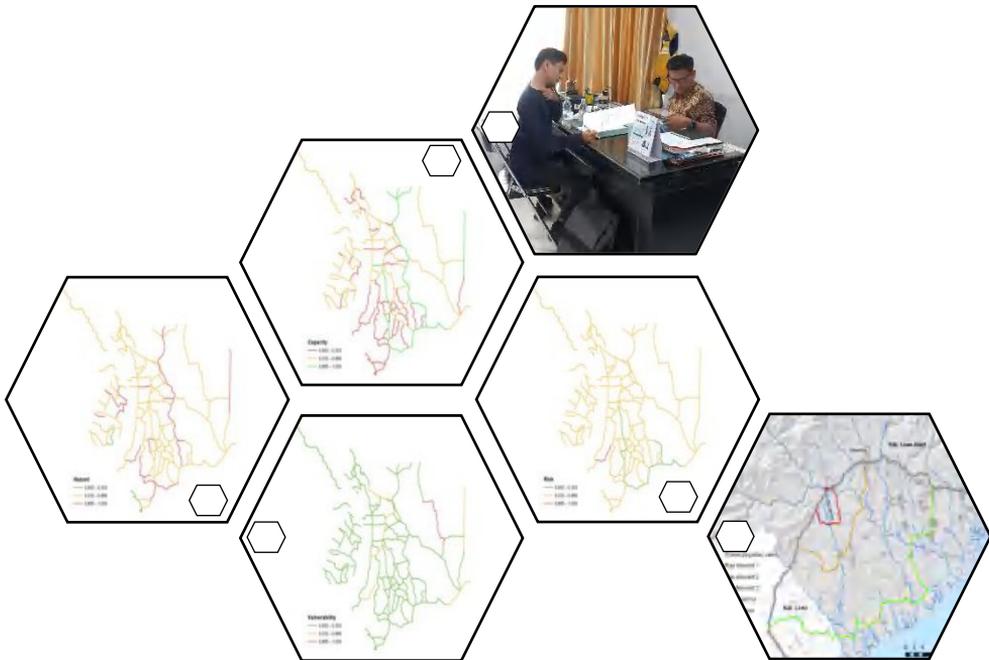


**RUTE ALTERNATIF SEBAGAI BENTUK MITIGASI BENCANA
BERBASIS GIS
(Studi Kasus Jaringan Jalan Pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di
Sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara)**

**ALTERNATIVE ROUTES AS A FORM OF GIS-BASED DISASTER
MITIGATION
(Case study of road networks in flood-prone areas around the
Rongkong River in North Luwu)**



**MUH. FAUSAN
P122212002**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN BENCANA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

HALAMAN JUDUL

**RUTE ALTERNATIF SEBAGAI BENTUK MITIGASI BENCANA
BERBASIS GIS
(Studi Kasus Jaringan Jalan Pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di
Sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara)**

**MUH. FAUSAN
P122212002**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN BENCANA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

HALAMAN PENGANTAR

**RUTE ALTERNATIF SEBAGAI BENTUK MITIGASI BENCANA
BERBASIS GIS
(Studi Kasus Jaringan Jalan Pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di
Sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara)**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Manajemen Bencana

Disusun dan diajukan oleh

MUH. FAUSAN

P122212002

kepada

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN BENCANA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

TESIS

**RUTE ALTERNATIF SEBAGAI BENTUK MITIGASI BENCANA
BERBASIS GIS
(Studi Kasus Jaringan Jalan Pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di
Sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara)**

**MUH. FAUSAN
P122212002**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal 26
Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Magister Manajemen Bencana
Sekolah Pasca Sarjana
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D
NIP 19690308 199512 1 001

Pembimbing Pendamping,



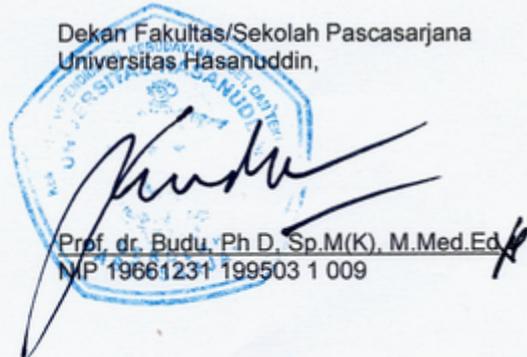
Dr. Phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT
NIP 19710101 201012 1 001

Ketua Program Studi
Magister Manajemen Bencana,



tra Hatta, ST., MT
002

Dekan Fakultas/Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,



Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed.
NIP 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "RUTE ALTERNATIF SEBAGAI BENTUK MITIGASI BENCANA BERBASIS GIS (Studi Kasus Jaringan Jalan Pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di Sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara)" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Phil. Nat.Sri Widodo, ST., MT sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini belum dipublikasikan. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 Agustus 2024



Muh. Fausan

NIM P122212002



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Ucapan Terima Kasih

Saya bersyukur kepada Allah tuhan yang maha esa bahwa tesis ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Phil. Nat.Sri Widodo, ST., MT sebagai Pembimbing Pendamping. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Ibu Indah Putri Indriani selaku Bupati Kabupaten Luwu Utara yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian di lapangan, dan atas kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di Lingkup Pemerintah Kabupaten Luwu Utara.

Kepada Pemerintah Kabupaten Luwu Utara, saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa yang diberikan selama menempuh program pendidikan magister. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan limpahan terima kasih atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada istri tercinta dan seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,
Muh. Fausan



ABSTRAK

MUH FAUSAN. Rute alternatif sebagai bentuk mitigasi bencana berbasis GIS. Studi kasus jaringan jalan pada kawasan rawan bencana banjir di sekitar Sungai Rongkong Luwu Utara (dibimbing oleh Baharuddin Hamzah dan Sri Widodo).

Luwu Utara merupakan kabupaten dengan indeks risiko bencana tergolong kelas tinggi. Salah satu upaya untuk mengurangi risiko bencana tersebut adalah dengan menyediakan rute jalan alternatif pada Jalan Nasional di wilayah ini. Penelitian ini bertujuan menilai ruas jalan dan merancang rute alternatif pada jaringan jalan di kawasan rawan bencana banjir. Metode yang digunakan terdiri dari kombinasi teknik observasi dan wawancara. Secara umum metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis tumpang tindih peta (*overlay*). Dalam menilai ruas jalan dipilih tiga kriteria yaitu kriteria bahaya (banjir), kapasitas (perkerasan jalan), dan kerentanan (jembatan) sebagai parameter untuk menghasilkan nilai risiko. Selanjutnya, rute alternatif dihasilkan dengan memilih ruas jalan yang memiliki nilai risiko lebih kecil di setiap pangkalnya dan dengan memperhatikan hasil wawancara dengan instansi terkait pengembangan jaringan jalan dimasa yang akan datang. Peta kriteria, peta risiko, dan peta rute alternatif dihasilkan menggunakan perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*). Hasilnya menunjukkan bahwa sekitar 7, 92, dan 1 persen ruas jalan masing-masing berstatus kelas risiko rendah, sedang, dan tinggi. Selain itu, tiga rute alternatif diusulkan dimana rute alternatif 1 terdiri dari lima ruas jalan (± 37 km), rute alternatif 2 terdiri dari tiga ruas jalan (± 15 km), dan rute alternatif 3 terdiri dari tiga belas ruas jalan (± 78 km). Temuan-temuan ini, penting bagi para pengambil keputusan dalam proses pengalokasian sumber daya untuk mitigasi, dimana ada kebutuhan untuk memperkuat jalan atau mendukung pembangunan jalan baru untuk mengurangi dampak negatif jika terjadi degradasi jalan akibat bencana.

Kata kunci: bahaya banjir, kapasitas, kerentanan, degradasi jalan

| | |
|---|--|
|  GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS | |
| Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____ | Paraf Ketua / Sekretaris,  |

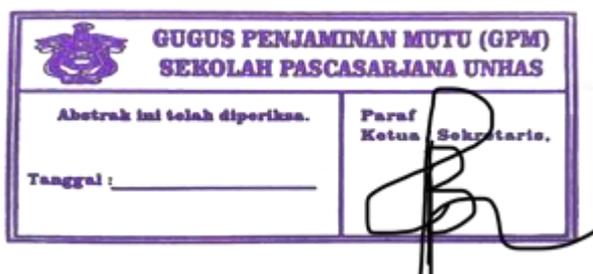


ABSTRACT

MUH FAUSAN. Alternative routes as a form of GIS-based disaster mitigation. Case study of road networks in flood-prone areas around the Rongkong River in North Luwu (supervised by Baharuddin Hamzah and Sri Widodo)

North Luwu is a district with a high disaster risk index. One of the efforts to reduce disaster risk is to provide alternative road routes on the National Road in this region. This study aims to assess road sections and design alternative routes on the road network in flood-prone areas. The method used consisted of a combination of observation and interview techniques. In general, the analysis method used in this research is map overlay analysis. In assessing road sections, three criteria were selected: hazard (flood), capacity (pavement), and vulnerability (bridges) as parameters to generate risk values. Furthermore, alternative routes are generated by selecting road sections that have a smaller risk value at each base and by taking into account the results of interviews with agencies related to future road network development. Criteria maps, risk maps, and alternative route maps were generated using GIS software. The results show that about 7, 92, and 1 percent of the road sections have low, medium, and high risk class status, respectively. In addition, three alternative routes were proposed where alternative route 1 consists of five road sections (± 37 km), alternative route 2 consists of three road sections (± 15 km), and alternative route 3 consists of thirteen road sections (± 78 km). These findings are important for decision-makers in the process of allocating resources for mitigation, where there is a need to strengthen roads or support the construction of new roads to reduce negative impacts in the event of road degradation due to disasters.

Keywords: flood hazard, capacity, vulnerability, road degradation



| | |
|--|----|
| BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 22 |
| 3.1 Hasil | 22 |
| 3.1.1 Penilaian Bahaya (<i>hazard</i>)..... | 22 |
| 3.1.2 Penilaian Kapasitas (<i>capacity</i>)..... | 23 |
| 3.1.3 Penilaian Kerentanan (<i>vulnerability</i>)..... | 25 |
| 3.1.4 Penilaian Risiko (<i>risk</i>) | 27 |
| 3.1.5 Rute alternatif..... | 29 |
| 3.2 Pembahasan | 32 |
| BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN | 34 |
| 4.1 Kesimpulan | 34 |
| 4.2 Saran..... | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 36 |
| LAMPIRAN..... | 40 |



DAFTAR TABEL

| Nomor Urut | Halaman |
|---|---------|
| 1. Kebutuhan data primer | 12 |
| 2. Kebutuhan data sekunder | 12 |
| 3. Penilaian kriteria..... | 14 |
| 4. Nilai bahaya (<i>hazard value</i>) | 22 |
| 5. Nilai kapasitas (<i>capacity value</i>)..... | 24 |
| 6. Nilai kerentanan (<i>vulnerability value</i>)..... | 26 |
| 7. Nilai risiko (<i>risk value</i>) | 28 |
| 8. Rute alternatif | 31 |



DAFTAR GAMBAR

| Nomor urut | Halaman |
|--|---------|
| 1. Kerangka konsep | 10 |
| 2. Lokasi Penelitian | 11 |
| 3. Langkah-langkah menghitung peta kriteria ancaman (<i>hazard</i>) | 15 |
| 4. Langkah-langkah menghitung peta kriteria kapasitas (<i>capacity</i>)..... | 16 |
| 5. Langkah-langkah menghitung peta kriteria kerentanan (<i>vulnerability</i>)..... | 17 |
| 6. Langkah-langkah menghitung peta risiko (<i>risk</i>) | 18 |
| 7. Alur Penelitian | 21 |
| 8. Peta kriteria ancaman (<i>hazard</i>)..... | 22 |
| 9. Peta kriteria kapasitas (<i>capacity</i>) | 24 |
| 10. Peta kriteria kerentanan (<i>vulnerability</i>) | 26 |
| 11. Peta risiko (<i>risk</i>) | 28 |
| 12. Peta Rute alternatif | 31 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor urut | Halaman |
|--|---------|
| 1. Hasil Wawancara 1 | 40 |
| 2. Hasil Wawancara 2 | 42 |
| 3. Hasil Wawancara 3 | 44 |
| 4. Data dasar prasarana jalan Kabupaten Luwu Utara (DD-1)..... | 46 |
| 5. Peta Bahaya Banjir Kabupaten Luwu Utara | 57 |
| 6. Peta Jaringan Jalan Kabupaten Luwu Utara | 58 |
| 7. Peta Lokasi Jembatan..... | 59 |
| 8. Peta topografi Kabupaten Luwu Utara..... | 60 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam ataupun bencana non alam pada dekade ini sudah menjadi menu keseharian kita, hampir setiap hari kita mengetahui telah terjadi bencana melalui pemberitaan media elektronik maupun media cetak. Tidak hanya kejadian bencana dalam negeri saja melainkan kejadian bencana di belahan bumi lain pun dengan cepat kita tahu. Tingkat frekuensi terjadinya bencana dari tahun ke tahun relatif terus mengalami peningkatan (Ibrion et al., 2015), sehingga masyarakat luas menjadi lebih mengenal bencana, termasuk masyarakat Indonesia pada umumnya.

Kondisi Negara Indonesia sendiri terletak di antara tiga lempeng tektonik, yakni lempeng Indian-Australian dari arah selatan bergerak menuju utara bertumbukan dengan lempeng Eurasian, dan juga lempeng Pacific dari arah timur bergerak ke arah barat bertumbukan dengan lempeng Eurasian. Hal ini yang membuat negara Indonesia bisa dijuluki “supermarket” bencana (Adiyoso, 2018:1). Segala jenis bencana ada di Indonesia seperti yang tertuang di undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana antara lain bencana gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, tanah longsor, banjir, kekeringan, cuaca ekstrem (angin topan), gelombang ekstrem dan abrasi, serta kebakaran hutan dan lahan.

Salah satu peristiwa bencana alam yang terjadi yaitu banjir di Kabupaten Luwu Utara pada tanggal 13 Juli 2020, berdasarkan catatan BPBD Luwu Utara bencana tersebut mengakibatkan 39 orang meninggal dunia, 9 orang hilang, 106 orang luka-luka serta 1.545 rumah hanyut dan 20.447 jiwa mengungsi. Hujan dengan curah dan intensitas yang tinggi yang berlangsung hampir delapan jam menjadi penyebab terjadinya banjir akibat meluapnya tiga sungai yaitu Sungai Masamba, Sungai Radda, dan Sungai Rongkong serta membawa material lumpur, bebatuan, pasir, batang dan ranting pohon. Informasi dari BMKG menyebutkan bahwa curah hujan yang terakumulasi dari tanggal 12 Juli hingga 13 Juli 2020 mencapai 81.2 mm.

Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Luwu Utara kejadian ini merusak beberapa infrastruktur jalan dan juga jembatan yang melintasi ketiga sungai di atas. Banjir tersebut juga berdampak pada ruas jalan nasional yaitu ruas jalan Batas Kabupaten Luwu – Masamba Km 437+000 sepanjang 750 meter tepatnya di Desa Radda Kecamatan Baebunta dan Km 444+000 sepanjang 100 meter di pusat Kota Masamba, serta pada jembatan di jalan an Masamba yang melintasi Sungai Masamba, dan juga pada an Kecamatan Baebunta - Kecamatan Masamba yang melintasi nya ruas jalan nasional beserta kedua jembatan tersebut tidak araan, sehingga arus lalu lintas yang melewati jalan nasional ini e jalan alternatif yang ada.



Jalan nasional yang terdapat di Kabupaten Luwu Utara merupakan penghubung utama beberapa kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan dan juga penghubung Provinsi Sulawesi Selatan dengan Provinsi Sulawesi Tengah dan Provinsi Sulawesi Tenggara. Terputusnya akses jalan nasional pada kejadian bencana banjir di atas akibat meluapnya Sungai Masamba dan Sungai Radda masih bisa diatasi dengan rute jalan alternatif. Berbeda halnya jika jalan nasional yang melintasi Sungai Rongkong aksesnya terputus atau mengalami gangguan yang disebabkan oleh bencana, mengingat Sungai Rongkong ini salah satu sungai dari tiga sungai yang meluap pada waktu kejadian banjir yang telah disebutkan sebelumnya, rute jalan ini belum memiliki jalan alternatif.

Belum adanya rute jalan alternatif pada ruas jalan tersebut tentu akan menjadi masalah besar khususnya pada fase respon atau tanggap darurat bencana di wilayah tersebut, dan juga akan sangat berdampak pada sistem transportasi nasional dalam hal ini jaringan jalan nasional. Distribusi pasokan logistik, bahan bakar (BBM) serta kebutuhan pokok lainnya akan mengalami gangguan tidak hanya pada Kabupaten Luwu Utara sendiri melainkan beberapa kabupaten di sekitarnya.

Luwu Utara berdasarkan indeks risiko bencana Indonesia 2022 (IRBI) tergolong sebagai kabupaten yang memiliki kelas risiko tinggi. Menyadari hal tersebut seharusnya dilakukan upaya mitigasi untuk mengurangi korban jiwa dan kerugian jika terjadi suatu bencana. Salah satu hal yang bisa dilakukan yaitu merencanakan atau mengembangkan jaringan jalan yang mampu meminimalkan korban jiwa dan kerugian akibat bencana seperti membuat rute jalan alternatif sebagai bentuk mitigasi jika rute jalan utama (nasional) terputus akibat bencana.

Menyadari pentingnya masalah tersebut, penelitian ini berupaya untuk merancang rute alternatif pada jaringan jalan yang terdapat di sekitar Sungai Rongkong yang merupakan daerah rawan bencana banjir di Kabupaten Luwu Utara, khususnya jaringan jalan yang bertautan dengan jalan nasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menilai ruas jalan pada jaringan jalan di sekitar Sungai Rongkong Kabupaten Luwu Utara yang merupakan area rawan bencana banjir?
2. Bagaimana merancang rute alternatif pada jaringan jalan di sekitar Sungai Rongkong Kabupaten Luwu Utara yang merupakan area rawan bencana banjir a di wilayah tersebut?



faat

i tujuan sebagai berikut:

1. Menilai ruas jalan pada jaringan jalan di sekitar Sungai Rongkong Kabupaten Luwu Utara yang merupakan area rawan bencana banjir.
2. Merancang rute alternatif pada jaringan jalan di sekitar Sungai Rongkong yang merupakan area rawan bencana banjir di Kabupaten Luwu Utara.

1.3.2 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam ilmu pengetahuan pada bidang manajemen bencana khususnya dalam hal mitigasi bencana.
2. Diharapkan hasil penelitian ini menjadi salah satu bahan pertimbangan pemerintah Kabupaten Luwu Utara dan Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJJN) Sulawesi Selatan dalam mitigasi bencana.
3. Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu rujukan bagi peneliti lain dalam meneliti tentang jaringan jalan dan rantai pasokan logistik bencana khususnya di daerah Kabupaten Luwu Utara.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Bencana

Definisi bencana berpangkal pada bahasa Inggris disaster yang bersumber dari kata Latin disastro. Disaster berawal pada penggabungan kata DIS yang bermakna "negatif" serta ASTRO yang bermakna "bintang (star). Disaster sering disamakan sebagai hal yang kurang baik, tragedi, serta kemalangan (Adiyoso, 2018:20). Sementara menurut undang – undang nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, Bencana merupakan peristiwa ataupun rangkaian kejadian yang mengancam serta mengusik kehidupan serta penghidupan warga yang diakibatkan, baik oleh aspek alam serta / ataupun aspek non alam ataupun aspek manusia sehingga menyebabkan munculnya korban jiwa manusia, kehancuran daerah, kerugian harta barang, serta dampak psikologis.

Di Indonesia sendiri berdasarkan UU No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, bencana dibedakan menjadi tiga macam, yaitu bencana alam, bencana non alam, dan bencana sosial. Bencana alam yaitu bencana yang disebabkan oleh kejadian atau serangkaian kejadian yang diakibatkan oleh alam seperti gempa bumi, gunung meletus, tsunami, banjir, angin topan, tanah longsor dan kekeringan. Bencana non alam ialah bencana yang disebabkan oleh kejadian atau rangkaian kejadian non alam yang antara lain berupa gagal modernisasi, gagal nyakit, dan epidemi. Bencana sosial adalah bencana yang peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia sosial antar komunitas atau antar kelompok masyarakat, dan



ialah situasi luar biasa yang membutuhkan pengerahan logistik mengangkut peralatan dan barang-barang kemanusiaan untuk

membantu dan memberikan pertolongan kepada para korban (Berkoune et al., 2012). Meningkatnya bencana alam dalam beberapa dekade terakhir dan ketergantungan yang kuat dari negara-negara berkembang pada sistem transportasi mereka telah meningkatkan kebutuhan akan studi keandalan transportasi perkotaan dan antar kota, kebutuhan ini sebagian besar disebabkan oleh ketergantungan pada jaringan transportasi yang efisien dan andal untuk menyediakan aksesibilitas dan mempromosikan pergerakan orang dan barang yang aman dan efisien (Muriel-Villegas et al., 2016).

Bencana alam, seperti banjir, gempa bumi, tsunami, angin topan, dan letusan gunung berapi, dapat mengganggu jaringan transportasi, yang berpotensi mengakibatkan kota dan desa terisolasi untuk jangka waktu tertentu, gangguan tersebut menyebabkan masalah tanggap darurat pasca-bencana, kesulitan evakuasi, masalah aksesibilitas, peningkatan biaya perjalanan, dan kerugian ekonomi (Aghababaei et al., 2021).

1.4.2 Mitigasi bencana

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU No. 24 tahun 2007). Menurut undang – undang nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Sedangkan menurut UNISDR dalam Jamshed et al (2019), pengurangan risiko bencana dapat dipahami dalam hal karakteristik dan keadaan sistem yang membuatnya rentan terhadap efek merusak dari bahaya eksternal.

Menurut Sinha et al (2014), risiko bencana adalah fungsi keluaran probabilistik dari potensi paparan dan kerentanan bencana, risiko bencana alam tidak dapat ditafsirkan sebagai penjumlahan/agregasi sederhana dari distribusi potensi bahaya, melainkan merupakan istilah inklusif yang dibangun di atas kelemahan sistemik (kerentanan)' dan 'paparan bahaya'. Risiko bencana alam didefinisikan melalui hubungan berikut (Sinha et al., 2014):

$$\text{Risiko Bencana Alam} = f \{ \text{Bahaya dan Kerentanan} \} \quad (1)$$

Sedangkan menurut BNPB (2022) rumus untuk menghitung risiko bencana sebagai berikut,



$$R = H \times V/C \quad (2)$$

adalah risiko bencana, H adalah hazard (potensi bahaya), Vulnerability (kerentanan), dan C adalah Capacity (kapasitas).
 1. Bencana (PRB) adalah Mengurangi R, Memahami H, meningkatkan C.

Kerentanan suatu sistem dapat didistribusikan ke dalam faktor-faktor inti komponennya seperti keterpaparan suatu sistem terhadap kondisi berbahaya, kerentanan suatu sistem untuk terpengaruh, dan kapasitas sistem untuk pulih dari kondisi tersebut (Smit dan Wandel, 2006). Menurut Jamshed et al (2019), kapasitas adalah salah satu faktor inti dalam memahami kerentanan suatu sistem terhadap bahaya eksternal, kapasitas dipahami sebagai konsep yang berlawanan dengan kerentanan.

Berbagai macam mitigasi untuk meningkatkan keandalan jaringan jalan sebagai berikut (Nicholson, 2007):

- Meningkatkan keandalan komponen (misalnya, mengganti atau memperkuat jembatan).
- Meningkatkan konfigurasi jaringan (misalnya, membangun ruas jalan baru).
- Memiliki komponen siaga yang diaktifkan setelah degradasi komponen aslinya (misalnya, jembatan Bailey, layanan feri udara darurat).
- Memantau komponen-komponen penting untuk mendeteksi degradasi dan memberi saran alternatif kepada pengguna.
- Melakukan pemeliharaan preventif secara teratur.
- Mengidentifikasi prioritas untuk memperbaiki komponen yang rusak untuk meminimalkan dampak sosial-ekonomi, dan mengerahkan sumber daya secara optimal untuk pekerjaan perbaikan.

Tindakan yang efektif dalam mitigasi bencana adalah dengan memperkuat infrastruktur transportasi untuk memastikan bahwa infrastruktur tersebut dapat beroperasi untuk membawa pasokan darurat selama bencana (Holguín-Veras et al., 2014; Miller-Hooks et al., 2012). Selain itu investasi dalam memperbaiki jaringan transportasi yang kritis dapat mengurangi jumlah korban karena jaringan yang utuh dapat meningkatkan aliran pasokan bantuan, jaringan ini terdiri dari ruas-ruas jalan yang memiliki probabilitas kegagalan yang berbeda-beda, namun pada umumnya pengambil keputusan tidak memiliki sumber daya untuk memperbaiki setiap ruas jalan, maka dari itu diperlukan identifikasi ruas jalan (Edrissi et al., 2015). Dimana pentingnya identifikasi dan penilaian merupakan salah satu hal yang disoroti dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dan Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana (Birkmann, 2006).

1.4.3 Rute alternatif



Optimized using
trial version
www.balesio.com

redundansi dalam jaringan yang juga dapat digunakan dalam (Miller-Hooks et al., 2012). Sistem transportasi jalan adalah salah satu dasar kemampuannya untuk menghubungkan lokasi yang terpisah yang sangat penting untuk aksesibilitas dan kesejahteraan masyarakat di bisnis, akibatnya degradasi yang tidak direncanakan dalam jaringan sering kali memiliki konsekuensi yang parah, dalam kasus tersebut dapat mengancam kemungkinan bagi sebagian orang

untuk menerima perawatan medis dan layanan penting lainnya (Jenelius dan Mattsson, 2012).

Jaringan transportasi jalan memainkan peran penting dalam situasi bencana, ini membantu untuk memberikan tanggapan darurat terhadap praktik manajemen bencana. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi jalan yang paling penting dalam jaringan untuk mendukung para pengambil keputusan dalam membuat keputusan yang tepat tentang jalan (Ghavami, 2019). Sementara menurut Jenelius et al (2006), peristiwa berbahaya yang menyebabkan penutupan jalan pasti akan terjadi, mengingat saling ketergantungan antara infrastruktur jalan dan kendaraan penyelamat dan perbaikan, situasinya dapat terhenti, mengidentifikasi dan menambah tautan penting dapat membantu mencegah hal ini terjadi. Jembatan jalan raya biasanya merupakan mata rantai yang rentan dalam sistem transportasi jalan dan memerlukan strategi mitigasi risiko yang sangat efektif yang ditujukan untuk meningkatkan ketahanan keseluruhan sistem transportasi terhadap bencana alam di masa depan (Zang dan Wang, 2016).

Menurut Ghavami (2019), beberapa indikator yang digunakan untuk mengukur kinerja jaringan transportasi sebagai berikut :

- Kapasitas Jalan (capacity): karakterisasi intrinsik jalan (seperti lebar, jenis, dan kondisi topografi) mempengaruhi penggunaan jalan dalam situasi penanggulangan bencana.
- Kerentanan jalan (vulnerability): beberapa jalan memiliki beberapa infrastruktur kritis (seperti terowongan dan jembatan) yang membuatnya lebih rentan terhadap bencana.
- Aksesibilitas ke pusat darurat (accessibility): dalam situasi bencana, diperlukan aksesibilitas yang sesuai ke layanan darurat (seperti polisi, pemadam kebakaran, penyelamatan, dan pusat perawatan medis).
- Pentingnya jalan: beberapa jalan memiliki peran penting dalam struktur geometris jaringan dan kegagalannya berdampak besar pada jaringan jalan.

Selain itu beberapa indikator telah diusulkan dalam beberapa penelitian sebagai berikut:

- Vulnerability (Kerentanan): kerentanan sistem terhadap ancaman dan insiden yang menyebabkan penurunan kinerja (Wang et al., 2015), (Berdica dan Mattsson, 2007), (Jenelius et al., 2006), (Jenelius dan Mattsson, 2015), (Berdica, K., 2002), (Matisziw et al., 2009), (Khademi, et al., 2015).



kokohan): sejauh mana dalam keadaan yang ditentukan gan mampu mempertahankan fungsi yang awalnya dirancang (12), (Scott et al., 2006), (Nagurney dan Qiang, 2007), (Dong, I., 2010).

- Reliability (Keandalan): probabilitas bahwa suatu sistem tetap beroperasi pada tingkat yang memuaskan (Balakrishnan et al., 2009), (D'este dan Taylor, 2003), (Watling, D., 2008), (Nicholson, 2007).
- Resiliency (Ketahanan): kemampuan jaringan transportasi untuk mengakomodasi gangguan/bencana dan kembali ke fungsi normal dalam kerangka waktu yang "wajar" (Soltani-Sobh et al., 2015), (D'Lima dan Medda, 2015), (Murray-Tuite, 2006).
- Exposure (Paparannya): probabilitas dan kemungkinan tingkat keparahan elemen sistem tertentu terkena atau dipengaruhi oleh ancaman (Jenelius et al., 2006), (Jenelius dan Mattsson, 2012).
- Risk (Risiko): kombinasi dari kemungkinan suatu peristiwa dan konsekuensinya dalam hal kinerja sistem (Nicholson, A. J. 2007), (Berdica, K., 2002), (Sinha et al., 2014).

1.4.4 GIS (*Geographic Information System*)

GIS adalah sistem berbasis komputer untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menampilkan, dan menganalisis informasi geografis (Thill, 2000). GIS dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan informasi geografis, seperti biaya tanah dan ketinggian medan, dan dapat memungkinkan manipulasi spasial, yang menjadikannya alat yang sangat baik untuk aplikasi perencanaan dan desain jalan raya (Jha et al., 2001). Menurut Miotto dalam Jha et al (2001) lapisan GIS untuk berbagai fitur lingkungan, seperti dataran banjir, lahan basah, dan daerah aliran sungai, dapat digunakan bersamaan dengan peta properti berbasis GIS untuk mencari koridor jalan raya yang hemat biaya.

Fitur yang membedakan GIS adalah kemampuannya untuk melakukan analisis terintegrasi data spasial dan atribut, komponen keluaran data GIS menyediakan cara untuk melihat data/informasi dalam bentuk peta, tabel, diagram, dan lain-lain (Malczewski, 2004). Menurut Malczewski (2004), ada berbagai operasi analitis yang sangat luas tersedia untuk pengguna GIS, seperti pengukuran, klasifikasi (ulang), operasi skalar dan overlay, operasi lingkungan, dan operasi konektivitas. Banyak sistem GIS yang populer, seperti ArcGIS, Idrisi, GRASS, GeoMedia, MapInfo, SPANS dan TransCAD memiliki kemampuan untuk itu.

Prosedur *overlay* memainkan peran penting dalam banyak aplikasi GIS, Secara khusus, prosedur *overlay* GIS menghasilkan lapisan baru (*output layer*) sebagai fungsi dari dua atau lebih input layer, nilai atribut yang diberikan ke setiap ter atau poligon) pada output layer adalah fungsi dari nilai atribut yang dikaitkan dengan lokasi tersebut pada input layer (Malczewski, 2004).



ahulu

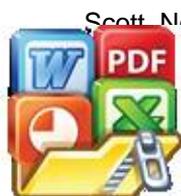
yang terkait dijadikan referensi di dalam penelitian ini. Kami tingkat sejumlah penelitian yang secara tidak langsung terkait

Ghavami (2019) mengevaluasi kinerja jaringan transportasi dalam situasi bencana dengan menggunakan metode *multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS)* terintegrasi penuh dari metode *Geospatial Information System (GIS)* dan *Multi-Criteria Decision Making (MCDM)*. Penelitian tersebut menghasilkan ruas penting atau jalan strategis dengan menggunakan 4 kriteria (kerentanan, kapasitas, aksesibilitas, dan kepentingan), sedangkan penelitian kami menggunakan 3 kriteria (kerentanan, kapasitas dan ancaman). Kriteria kapasitas dalam penelitian tersebut yaitu beban jalan raya, sedangkan penelitian kami berupa jenis perkerasan jalan.

Nikoo, Babaei, dan Mohaymany (2018) mengidentifikasi rute optimal untuk kendaraan darurat dengan mempertimbangkan panjang, waktu tempuh, dan jumlah jalur. Penelitian tersebut menggunakan *Network Robustness Index (NRI)* yang dimodifikasi serta *Network Trip Robustness (NTR)* yang menghasilkan jaringan transportasi darurat dan Jalur/tautan kritis. Penelitian tersebut mempertimbangkan panjang, waktu tempuh dan jumlah jalur sebagai ukuran kerentanan, sedangkan penelitian kami hanya mempertimbangkan banyaknya jembatan sebagai ukuran kerentanan. Penelitian tersebut membagi jaringan darurat berdasarkan prioritas, sedangkan penelitian kami tidak membedakan jenis perjalanan darurat.

Edrissi, Nourinejad, dan Roorda (2015) menemukan tautan kritis menggunakan konsep keandalan jaringan (keandalan konektivitas, surplus konsumen, dan keandalan waktu perjalanan) dengan metode heuristik yang hanya mempertimbangkan konfigurasi jaringan di mana sejumlah tautan tertentu mungkin gagal. Penelitian tersebut menghasilkan tautan kritis/penting. Penelitian tersebut menggunakan 3 kriteria (keandalan konektivitas, surplus konsumen, dan keandalan waktu perjalanan), sedangkan penelitian kami menggunakan 3 kriteria yang berbeda (kerentanan, kapasitas dan ancaman).

Sullivan, Novak, Aultman-Hall, dan Scott (2010) mengidentifikasi dan memberi peringkat tautan paling kritis dan mengukur ketahanan jaringan dalam jaringan transportasi dengan menggunakan indeks ketahanan perjalanan jaringan dengan menjumlahkan nilai *Network Robustness Index (NRI)* di semua tautan individu dan membagi jumlah tersebut dengan total permintaan perjalanan. Penelitian tersebut menghasilkan tautan/ruas kritis. Penelitian tersebut mengidentifikasi ruas penting berdasarkan waktu tempuh perjalanan dengan jenis gangguan bervariasi, sedangkan penelitian kami berdasarkan ancaman banjir sebagai gangguan. Dan juga penelitian tersebut mengukur jaringan secara keseluruhan, sedangkan penelitian kami hanya mengukur nilai setiap link atau ruas.



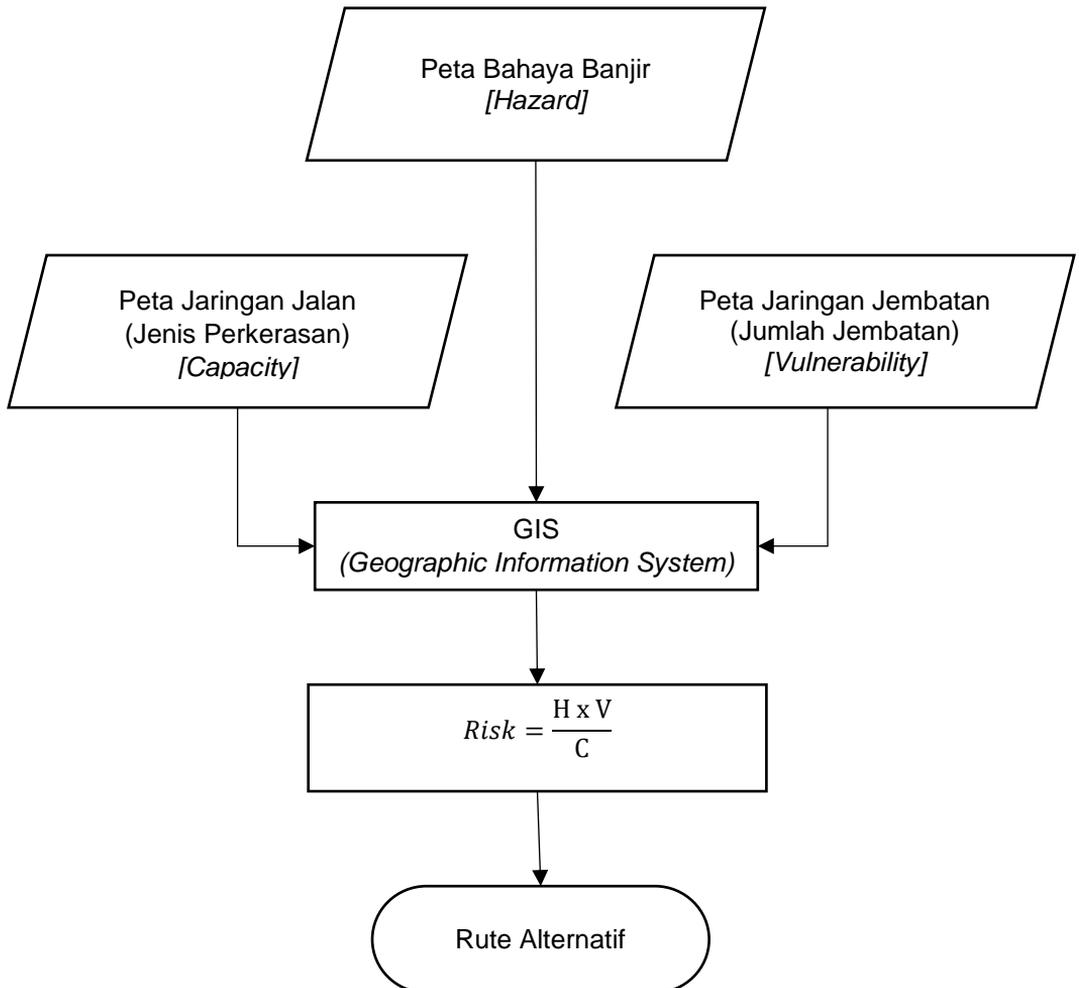
Scott, Novak, Aultman-Hall, dan Guo (2006) mengidentifikasi tautan penting jaringan dengan menggunakan indeks kekokohan jaringan yang memperhitungkan biaya waktu perjalanan seluruh sistem yang dihitung berdasarkan penugasan keseimbangan pengguna. Penelitian tersebut mengidentifikasi ruas penting. Penelitian tersebut menggunakan jaringan penelitian kami menggunakan jaringan di dunia nyata.

Jenelius, Petersen, dan Mattsson (2006) menemukan konsep pentingnya tautan dan eksposur situs ketika tautan ditutup, kepentingan tautan dan indeks keterpaparan situs diperoleh dari algoritma jalur terpendek berdasarkan *travel cost* dan *demand*. Penelitian tersebut menghasilkan tautan/ruas penting dan node/simpul yang terpapar. Penelitian tersebut menggunakan peningkatan waktu tempuh perjalanan untuk mengukur link/ruas penting dan daerah yang terpapar, sedangkan penelitian kami menggunakan 3 kriteria (kerentanan, kapasitas, ancaman) hanya untuk mengukur link/ruas saja.

1.4.6 Kerangka konsep

Terdapat beberapa konsep dalam penelitian ini antara lain kerentanan (*vulnerability*), kapasitas (*capacity*), dan ancaman (*hazard*). Seperti yang dikemukakan oleh Ghavami (2019), konsep kerentanan jalan yaitu jalan memiliki beberapa infrastruktur kritis (seperti terowongan dan jembatan) yang membuatnya lebih rentan terhadap bencana, dan juga konsep kapasitas jalan yaitu karakterisasi intrinsik jalan (seperti lebar, jenis, dan kondisi topografi) mempengaruhi penggunaan jalan dalam situasi penanggulangan bencana. Sedangkan, Jenelius dan Mattson (2012) menyatakan bahwa peristiwa alam (ancaman / bahaya) yang sangat bervariasi dapat menyebabkan degradasi jaringan jalan. Konsep ini dijadikan kriteria untuk menghitung nilai risiko (*risk value*) suatu ruas jalan berbasis GIS (*Geographic Information System*). Kemudian rute jalan alternatif dipilih berdasarkan nilai-nilai tersebut, kerangka konsep dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Kerangka konsep

