

TUGAS AKHIR

**PENILAIAN KEANDALAN SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN PADA
BANGUNAN GEDUNG PERKULIAHAN**



Disusun oleh:

Adillah Wahyudi

20150110118

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019

TUGAS AKHIR

PENILAIAN KEANDALAN SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN PADA BANGUNAN GEDUNG PERKULIAHAN

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di urusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Adillah Wahyudi

20150110118

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2019

INTISARI

Bencana merupakan sebuah peristiwa atau kejadian yang dapat menimbulkan kerugian bagi manusia yang disebabkan oleh alam atau nonalam. Pada aspek tersebut pentingnya untuk melakukan antisipasi dengan mengetahui titik kerawanan bencana dengan cara memetakan daerah rawan bencana. Terdapat empat kerawanan bencana yaitu: bencana banjir, longsor, gempa bumi dan amblasan. Untuk memetakan kerawanan bencana menggunakan metode skoring dan pembobotan dengan pendekatan bentanglahan beserta pengujian kerusakan ruas jalan dengan metode PCI. Hasil pada pemetaan rawan bencana, bencana banjir yang memiliki kerawanan yang cukup tinggi dan ruas Jalan Bibis Raya-Jalan bibis memiliki tingkat kerusakan yang masih sangat baik.

Kata kunci: peta, bencana, *ArcGIS*, dan PCI

ABSTRACT

Disasters are an event that can inflict harm on humans caused by nature or not. On that aspect it's important to anticipate by identifying the catastrophic powerpoint by mapping the high-risk areas. There were four disasters that were:flood risk, landslide, earthquake, and sink. Mapping hazard used scoring and integrity with landscape analysis and testing the road with PCI method. Results catastrophic mapping, the flood risk has quite high. And on Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis has a level of damage that's still good.

Key words : map, ArcGIS, hazard, and PCI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bencana adalah suatu kejadian atau peristiwa yang mengganggu kehidupan masyarakat dan bahkan menyebabkan kerugian kepada masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan non alam. Faktor alam dipengaruhi oleh karena alam itu sendiri contohnya banjir, gempa bumi, longsor, angin puting beliung dan bencana yang lainnya. Faktor non alam yaitu akibat perilaku manusia itu sendiri yang menyebabkan terjadinya bencana contohnya penebangan pohon secara liar, buang sampah sembarangan dan lainnya.

Indonesia tidak lepas dari kondisi geografis yang rawan terjadinya bencana alam, dan kejadian bencana yang tidak dapat diprediksi secara tepat Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan dilalui oleh 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan lempeng Pasifik yang mengakibatkan banyaknya gunung berapi yang berada di Indonesia. Karena bencana alam dapat terjadi secara tiba-tiba, misalnya beberapa bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, erupsi gunung berapi yang hampir tidak mungkin dapat diperkirakan secara akurat, kapan akan terjadinya dan berapa besar kekuatannya, namun ada beberapa bencana yang dapat diramalkan sebelumnya seperti banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Data historis kebencanaan menunjukkan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir total lebih dari 2300 peristiwa longsor di Indonesia dengan total korban tewas 1.815 orang (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2017). Secara umum, BNPB memberikan catatan penting terkait dengan kondisi kebencanaan di Indonesia, bahwa 95% merupakan bencana di Indonesia lebih didominasi oleh bencana hidrometeorologi yaitu berupa longsor, banjir, dan angin.

Pada jalan umum atau jalan raya termasuk infrastruktur yang tidak lepas dari potensi bencana alam seperti banjir, longsor, amblesan (penurunan permukaan tanah), dan gempa bumi yang membahayakan bagi pengguna jalan. Keadaan permukaan jalan saat ini yang ada di Kabupaen Bantul secara visual masih perlu mendapatkan perhatian khusus mengingat jalan tersebut akan dilalui kendaraan yang bisa berpotensi sebagai daerah yang rawan bencana. Keadaan ini harus segera

diantisipasi agar tidak menimbulkan bahaya kecelakaan atau terjadi bencana. Oleh sebab itu, melihat kejadian-kejadian yang selalu menimbulkan banyak kerugian baik jiwa atau materi maka diperlukan adanya upaya untuk meningkatkan kehati-hatian dalam menghadapi ancaman bahaya. Tingkat kerawanan bencana alam ini dapat dinilai tingkatannya berdasarkan besar kecilnya tingkat kerawanan pada suatu ruas jalan. Analisis kerawanan bencana ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode pemetaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Pengetahuan tentang bencana menjadi dasar yang kuat dalam melakukan pemetaan kerawanan bencana yang dapat diaplikasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat menghasilkan peta kerawanan.

Dengan alasan di atas maka peneliti ingin mengetahui apa saja yang menjadi potensi bencana yang terjadi pada ruas jalan dilihat dengan menggunakan *software ArcGIS*. Setelah diproses menggunakan *software ArcGIS* peneliti dapat melakukan pemetaan terhadap potensi multi rawan bencana dan menilai keadaan fungsional ruas jalan pada titik rawan bencana secara visual menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).

1.2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana jenis potensi bencana yang dapat dipetakan pada ruas jalan ?
- b. Bagaimana tingkat klasifikasi kerawanan bencana pada ruas jalan ?
- c. Bagaimana kondisi perkerasan yang terdapat pada daerah rawan bencana ?
- d. Bagaimana cara untuk menilai perkerasan dengan cara visual dan metode PCI (*Pavement Condition Index*)?

1.3. Lingkup Penelitian

Penelitian ini untuk memetakan potensi multi rawan bencana dan mengkalsifikasi potensi bencana pada jalan di Kabupaten Bantul dan menilai keadaan fungsional pada titik rawan bencana secara visual menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*) berbasis *ArcGIS* 10.3 dan *ArcGIS Online*.

1.4. Tujuan Penelitian

- a. Mengidentifikasi, memetakan, dan menentukan tingkat kelas kerawanan bencana pada ruas jalan.
- b. Mengidentifikasi kerusakan permukaan jalan pada daerah rawan bencana menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*) yang di-update pada *software ArcGIS Online*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat sebagai bahan referensi serta penambahan wawasan dan pemikiran penulis untuk menyusun Tugas Akhir (TA) dan bermanfaat bagi masyarakat terkhususnya masyarakat D.I. Yogyakarta dan bermanfaat bagi instansi terkait.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Di bawah ini beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, untuk sebagai bahan acuan dan pembandingan dalam penelitian ini.

Sagala & Yasaditama(2017) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gunung Api Papandayan Studi Kasus: Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut”. Tujuan dari penelitian ini menganalisis resiko pada Gunung Papandayan (2.665 m), yaitu sebuah gunung api yang paling aktif di Jawa Barat. Penelitian ini menyajikan proses identifikasi resiko bencana Gunung Papandayan. Metode penelitian yang digunakan adalah mengikuti batas administrasi desa sehingga hasil penelitian dapat digunakan sampai pada level desa menggunakan Sistem Informasi Geografis. Analisis kerentanan dilakukan pada 3 sub-analisis, yaitu kerentanan fisik (7 indikator), kerentanan sosial (7 indikator) dan kerentanan ekonomi (4 indikator). Analisis bahaya dan kerentanan disatukan menjadi resiko, dan kemudian menjadi peta risiko. Potensi ancaman bahaya dari Gunung Papandayan yang di hasilkan melalui nilai faktor bahaya, menunjukkan bahwa desa dengan nilai faktor bahaya terbesar adalah desa-desa yang terletak di bagian timur laut wilayah studi Kecamatan Cisarupan, yaitu di arah bukaan kawah. Desa dengan faktor berbahaya berurutan dari yang terbesar yaitu Desa Simajaya, Cipaganti Pangauban, dan Karamatwangi. Sedangkan faktor geografis jarak dengan kawah memiliki pengaruh yang besar terhadap besarnya nilai faktor bahaya di beberapa desa seperti Cisarupan, Cisero, dan Sukatani.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu dalam penelitian ini lingkup kajian berupa jalan kolektor ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul sedangkan lokasi penelitian yang dilakukan oleh Sagala dan Yasaditama berada di Kecamatan Cisarupan Kabupaten Garut.

Penelitian sebelumnya menggunakan risiko bencana gunung api yang menjadi *output* dari penelitian. Pada penelitian ini memetakan empat kerawanan bencana yaitu banjir, gempa bumi, amblasan dan longsor. Penelitian ini juga mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).

“Pemetaan Multi-Rawan Kabupaten Malang Bagian Selatan dengan Menggunakan Pendekatan Bentangalam” (Maulana, E dan Wulan, 2015). Dalam penelitian ini berfokus pada 3 jenis kerawanan yaitu banjir, tsunami, dan longsor. Metode yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan multi bencana di kepesisiran Kabupaten Malang adalah metode skoring. Data yang digunakan untuk analisis bentangalam dan kerawanan adalah peta RBI sebagai data primer dan Citra Landsat periode perekaman 2015 dengan *pan-sharpened* sebagai data sekunder. Daerah yang memiliki kerawanan terhadap bencana longsor adalah Kecamatan Kalipare, Sumbermanjing Wetan, Dampit, dan Tirto Yudo. Daerah yang paling tinggi terhadap bencana banjir adalah Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo, dan Ampel Gading. Daerah yang memiliki kerawanan terhadap tsunami adalah Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, dan Tirto Yudo.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu lokasi penelitian ini berada di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul sedangkan penelitian sebelumnya berada di kepesisiran Kabupaten Malang, penelitian sebelumnya juga hanya menganalisis tiga jenis kerawanan bencana yaitu banjir, tsunami, dan longsor. Pada penelitian ini juga menganalisis empat jenis kerawanan bencana yaitu banjir, longsor, gempa bumi dan amblasan. Pada penelitian ini untuk mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).

“*Flood Risk Assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d’ivoire)*” (Kwaku et al., 2016). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan memetakan area risiko banjir di distrik Abidjan, Afrika Barat agar mengurangi jumlah korban jiwa dan kerusakan infrastruktur. Metode yang digunakan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yaitu analisis multi-kriteria dari beberapa elemen seperti kemiringan

drainase, jenis tanah, kepadatan penduduk, penggunaan lahan, dan system saluran pembuangan.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu metode yang digunakan adalah metode AHP (*Analytic Hierarcky Process*) untuk menganalisis multi-kriteria beberapa elemen sedangkan penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan beserta analisis kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI pada *blackspot* yang dipetakan menggunakan *software ArcGIS*.

“*Landslide Susceptibility Mapping using GIS-based Multi-criteria Decision Analysis, Support Vector Machine, and Logistic Regression*”(Kavzoglu, Sahin, & Colkesen, 2014). Tujuan penelitian ini adalah pemetaan kerentanan tanah longsor untuk mengurangi korban jiwa dan kehilangan harta benda. Dalam penelitian ini menggunakan metode MCDA dan SVR berbasis GIS. Metode ini menggunakan litologi, kemiringan, tutupan lahan, kepadatan drainase, besar kemiringan, elevasi, dan jarak ke faktor jalan.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu dalam penelitian sebelumnya memetakan kerentanan tanah longsor menggunakan metode MCDA dan SVR dengan *software ArcGIS*. Penelitian ini memetakan empat kerawanan bencana yaitu banjir, longsor, gempa bumi dan amblasan menggunakan metode skoring dan pembobotan. Penelitian ini juga mengidentifikasi kerusakan ruas jalan pada *blackspot* ruas jalan yang dipetakan menggunakan *software ArcGIS*

“Identifikasi Zona Rawan Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis” (Zona, Banjir, Sistem, & Geografis, 2014). Lokasi yang menjadi objek penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai Dengkeng. Tujuan dari penelitian adalah memberikan informasi tentang pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pembuatan peta zona rawan banjir serta faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemberian *skoring* dan *overlay* (tumpang susun). *skoring* peta curah hujan, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta jaringan sungai dan peta penggunaan.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu dalam penelitian ini lokasi yang digunakan adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Dengkeng, penelitian sebelumnya memetakan peta zona rawan banjir serta metode yang digunakan adalah skoring dan *overlay* (tumpang susun). Sedangkan pada penelitian ini lokasinya berada di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul, terdapat empat jenis kerawanan bencana pada penelitian ini yaitu banjir, gempa bumi, longsor dan amblasan. Metode yang digunakan adalah skoring dan pembobotan pada peta tersebut. Untuk mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI pada *blackspot* pada ruas jalan tersebut.

“Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli, Bali” (Sinarta, Rifa’i, Fathani, & Wilopo, 2016) bertujuan untuk mengevaluasi apakah pemetaan indeks stabilitas yang dilakukan menggunakan data DEM resolusi rendah, secara kualitatif bisa menggambarkan kenyataan yang ada pada lapangan, dan memetakan indeks stabilitas tanah untuk wilayah Kabupaten Bangli. Penelitian ini melakukan pemetaan ancaman gerakan tanah menggunakan *Stability Index Mapping* (SINMAP) yang diperkenalkan oleh Tarboton dkk pada tahun 2001. Metode yang digunakan adalah analisis menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan ketelitian pixel (30m x 30m), data curah hujan periode 1993-2011, data properties tanah mencakup data kedalaman tanah, kohesi, dan sudut gesek internal. Nilai indeks kestabilan tanah yang dihasilkan oleh SINMAP digunakan untuk mengidentifikasi daerah rawan longsor.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu penelitian ini berlokasi di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. Pemetaan yang dilakukan berbasis SIG dengan kerawanan bencananya yaitu banjir, longsor, gempa bumi dan amblasan. Metode yang dilakukan penelitian ini adalah metode skoring dan pembobotan sehingga dihasilkan *output* berupa database kebencanaan, serta mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI sepanjang 1,5

kilometer. Pada penelitian sebelumnya berlokasi di Kabupaten Bangli, penelitian ini memetakan indeks stabilitas tanah menggunakan SINMAP (*Stability Index Mapping*).

“Penentuan Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten Di Wilayah Perkotaan Tanjung Redeb Kabupaten Berau” (Antoro, Djakfar, & Wicaksono, 2016). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi jalan di wilayah perkotaan Tanjung Redeb dan menentukan prioritas metode pemeliharaan jalan kabupaten di wilayah perkotaan Tanjung Redeb. Metode yang digunakan adalah menganalisis kondisi permukaan jalan dengan PCI, melakukan survey persepsi kepentingan dengan AHP, serta penentuan kriteria untuk penilaian ruas jalan. data yang digunakan adalah pengisian kuisisioner yang dilakukan oleh responden secara tertulis, pengambilan data dari instansi meliputi data jaringan jalan dan rencana detail tata ruang kota Tanjung Redeb dari Bappeda Kab. Berau, dan pengamatan lapangan mengenai kerusakan jalan yang diteliti merupakan kompilasi dari tingkat keparahan kerusakan, lokasi dan luas penyebarannya.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu dalam penelitian ini lingkup kajian berupa jalan kolektor dan memetakan bencana yang dilakukan ada lima jenis bencana yaitu banjir, gempa bumi, amblesan dan longsor. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode skoring dan pembobotan melalui pendekatan *landscape analysis*. Penelitian ini terdapat peta multirawan bencana yang didapatkan dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing yang teridentifikasi rawan bencana. Pengujian PCI (*Pavement Condition Index*) dilakukan pada *black spot* yang ada di ruas jalan dan teridentifikasi bencana setelah dipetakan.

“Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional Dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan Metode *Falling Weight Deflector* (FWD)” (Pratama, Aviyanto, Setyawan, & Suryoto, 2017) lokasi penelitian ini berada di ruas Jalan Klaten-Prambanan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kerusakan struktural dan fungsional Jalan Klaten-Prambanan. Metode yang digunakan penelitian ini adalah metode deskriptif analisis yaitu dengan mendeskripsikan dan

menggambarkan contoh uji sesuai dengan hasil survey PCI dengan pengamatan langsung di lapangan. Data sekunder berupa hasil pengujian FWD dan lalu lintas harian rata-rata kendaraan. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan hasil analisis kerusakan pada Jalan Klaten-Prambanan.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu penelitian ini memetakan daerah kerawanan bencana menggunakan *software ArcGIS*, metode yang digunakan adalah metode skoring dan pembobotan pada tiap kerawanan bencana. Untuk identifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI pada *blackspot* ruas jalan yang dipetakan. Pada penelitian sebelumnya mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI dan FWD (*Falling Weight Deflectometer*) yang berlokasi di Jalan Klaten-Prambanan.

Tantryo Setiawan Martono (2018) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lentutan Balik dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*)”. Tujuan penelitian adalah menganalisa besar lendutan pada struktural perkerasan lentur menggunakan *Banklement Beam*, merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan metode lendutan balik, serta menganalisa hubungan antara kerusakan jalan secara fungsional dan lendutan. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data dengan data sekunder dan data primer, data sekunder (berupa data volume lalu lintas, data tebal dan jenis lapis perkerasan beraspal, data perencanaan geometrik jalan, data PCI), dan data primer (data lendutan uji *Bankleman Beam*, nilai T_p dan nilai T_u)

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu penelitian ini memetakan kerawanan bencana diantaranya banjir, longsor, gempa bumi dan amblesan dengan metode skoring dan pembobotan pada tiap kerawanan bencana dengan beberapa variabel sesuai dengan jenis kerawanan bendananya. Penelitian ini juga mengidentifikasi kerusakan ruas jalan yang masuk dalam peta kerawanan bencana tersebut dengan metode PCI. Sedangkan pada penelitian sebelumnya

mengidentifikasi kerusakan ruas jalan menggunakan metode PCI dan pengujian lendutan dengan *Bankleman Beam* (BB).

“*Application of GIS spatial regression methods in assessment of land subsidence in complicated mining conditions : case study of the Walbrzych Coal Mine (SWP)*” (Blachowski, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor penambangan yang signifikan, pemodelan regresi spasial untuk subsdensi penambangan tambang batu bara Walbrzych, serta penilaian model regresi global (OLS) dan model GWR untuk pemetaan area penambangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis data spasial SIG (Sistem Informasi Geografis) yang dapat diterapkan untuk megembangkan model subsiden dan studi fenomena ini. Metode regresi spasial bisa diasumsikan hubungan secara geografis atau m empertimbangkan lokasi spasial fitur. Penelitian ini pendekatan regres spasial berbobot multi-faktoral bebrbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk memodelkan dan menganalisisn subsidensi pertambangan dan bahaya subsidensi pertambangan di area bekas penambangan batu bara yang di tandai dengan kondisi saat penambangan yang rumit.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multi Rawan Bencana Ruas Jalan berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) studi kasus : Jalan Bibis Raya- Jalan Bibis ” yaitu, penelitian sebelumnya menganalisis faktor penambangan tambang batu bara dengan metode regresi spasial menggunakan *software Arcgis*, sedangkan penelitian ini memetakan kerawanan becana diantaranya bancana banjir, longsor, gempa bumi dan amblasan menggunakan metode skoring dan pembobotan dengan *software ArcGIS*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Geomorfologi

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang relief permukaan bumi dengan memperhatikan pada proses-proses pembentukannya sepanjang waktu. Geomorfologi mempelajari relief permukaan bumi yang terus berubah akibat dari berbagai proses alami dan non alami oleh makhluk hidup yang dikenal sebagai proses geomorfologi. Proses geomorfologi yang bekerja meliputi proses pelapukan, pelarutan, erosi dan pengendapan oleh sungai. Akibat dari pelapukan

dengan berbagai faktor-faktor pembentukan tanah yang lain sehingga berkembangnya yang bermacam jenisnya. (Thornbury, 1969; Huddart and Stot, 2010 dalam penelitian Nasiah dan Invani, 2013). Proses geomorfologi juga dapat menjadi ancaman bagi makhluk hidup di muka bumi jika perilaku manusia yang tidak sejalan dengan proses geomorfologi.

2.2.2. Kebencanaan

Menurut Peraturan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana didefinisikan suatu ancaman bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Dampak yang ditimbulkan dari bencana bisa dari segi materi, dan psikologi masyarakat. Adapun bencana yang dapat terjadi muka bumi adalah bencana alam dan nonalam

Bencana alam adalah bencana yang disebabkan oleh kondisi alam berupa gempa bumi, tanah longsor, banjir kekeringan, angin topan, gunung meletus, dan tsunami. Sedangkan bencana yang disebabkan oleh faktor nonalam adalah seperti wabah penyakit, kegagalan teknologi, kegagalan modernisasi. Ada terdapat juga bencana sosial yang terjadi akibat manusia misalnya konflik antar suku atau kelompok masyarakat dikarenakan kesalah pahaman dan terorisme.

Dampak dari bencana alam yang terjadi pada suatu wilayah yaitu berupa kematian, luka-luka, sakit, tidak adanya rasa aman, mengungsi kerusakan dan kehilangan materi. Tingkat kerawanan dapat diidentifikasi dengan tujuan mencegah, meredam, kewaspadaan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggulangi dampak buruk dari bahaya tersebut.

2.2.3. Bahaya (*Hazard*)

Bahaya (*Hazard*) adalah suatu kejadian alam atau nonalam yang memiliki potensi mengancam kehidupan manusia, kerugian materi hingga dapat merusak lingkungan. Beberapa aspek bahaya antara lain.

- a. Aspek geologi, yaitu gempa bumi, tsunami, gunung api, dan longsor.
- b. Aspek biologi, yaitu wabah penyakit, hama, dan penyakit tanaman
- c. Aspek teknologi kecelakaan transportasi, kecelakaan industri, kegagalan teknologi.
- d. Aspek lingkungan, yaitu kebakaran hutan, kerusakan lingkungan, pencemaran limbah, dan polusi udara.

2.2.4. Risiko (*Risk*)

Menurut Peraturan Pemerintah Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, risiko 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 benda, dan gangguan kegiatan masyarakat. Pengurangan risiko bencana merupakan kegiatan untuk mengurangi ancaman dan kerentanan serta meningkatkan kemampuan masyarakat dalam menghadapi bencana.

Pengurangan risiko bencana dilakukan melalui kegiatan sebagai berikut :

- a. Pengenalan dan pemantauan risiko bencana.
- b. Perencanaan partisipatif penanggulangan bencana.
- c. Pengembangan budaya sadar bencana.
- d. Peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana.
- e. Penerapan upaya fisik, nonfisik, dan pengaturan penanggulangan bencana.

2.2.5. Jenis-jenis Bencana

Penelitian tentang risiko bencana dengan cara memetakan tingkat bahaya dan tingkat kerentanan berdasarkan indeks kerugian dan indeks ancaman. Pada studi kasus identifikasi daerah multirawan bencana pada jalan raya Kabupaten Kulon Progo terdapat 4 jenis bencana yang akan ditinjau pada daerah tersebut.

- a. Bencana Tanah Longsor

Tanah longsor adalah salah satu bencana yang sangat merusak, dapat menghasilkan perubahan secara drastis dalam morfologi bentuk permukaan bumi dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur alami bumi. Faktor penyebab

terjadinya longsor adalah iklim (curah hujan), topografi (kemiringan lereng), faktor manusia (pengelolaan lahan).

Terdapat 3 kelas dalam bencana tanah longsor yaitu.

1) Rawan Longsor Rendah

Kemungkinan longsor di suatu wilayah ada tetapi dalam dimensi kecil kecuali pada tebing sungai yang dapat berdimensi besar. Longsor ini dikarenakan adanya dampak dari kegiatan seperti pemotongan lereng dan pembebanan lereng.

2) Rawan Longsor Sedang

Longsor seperti ini biasa terjadi pada tebing sungai, lereng yang dipotong. Longsor seperti ini biasanya dikarenakan adanya curah hujan dengan intensitas yang tinggi atau curah hujan normal dalam waktu lama atau disebabkan adanya erosi horisontal sungai.

3) Rawan Longsor Tinggi

Longsor ini terjadi pada suatu daerah karena kondisi lerengnya yang tidak stabil. Seketika dapat terjadi dalam dimensi kecil ataupun besar akibat adanya intensitas hujan yang tinggi atau intensitas hujan normal dalam kurun waktu yang lama karena adanya erosi horisontal sungai.

b. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah salah satu bencana alam yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi yang besarnya menggunakan SR (*Skala Richter*). Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energy di dalam bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi (BMKG,2014). Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh tumbukan besar antar lempeng bumi, patahan aktif, atau aktivitas gunung api dan runtuh batuan.

Permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng. Lempeng tektonik adalah lapisan kerak bumi yang berada di atas atmosfer yang cair dan panas. Oleh sebab itu, lempeng tektonik ini dapat bergerak bebas dan saling berinteraksi satu sama lain. Lempeng yang sangat aktif dapat menyebabkan gempa bumi, gunung berapi, dan dapat membentuk dataran tinggi. Bumi terdapat beberapa lapisan, lapisan paling atas adalah lapisan litosfir. Lapisan litosfir merupakan batuan yang relative

dingin, padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang lebih panas, yaitu lapisan mantel bumi. Lapisan ini sangat panas sehingga tidak kaku, dapat bergerak sesuai dengan proses penghantaran panas yang biasa disebut dengan aliran konveksi. Lempeng tektonik masuk dalam lapisan litosfir padat terapan di atas lapisan mantel bumi dan bergerak satu sama lain. Ada tiga pergerakan lempeng tektonik yaitu, kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*), dan saling geser (*transform*).

Bencana gempa bumi adalah bencana yang berpotensi terulang lagi pada lokasi yang sama atau berdekatan, dan bencana gempa bumi merupakan bencana yang tidak bisa dicegah tetapi dapat dihindari, dan dampak yang ditimbulkan dapat dikurangi (Pujianto, 2007).

c. Amblesan (*Land subsidence*)

Amblesan (*land subsidence*) adalah suatu peristiwa adanya gerakan kebawah dipermukaan bumi, sehingga elevasi muka tanah berkurang atau menjadi lebih rendah dari semula. Penyebab amblesan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain adanya cairan (seperti air tanah dan minyak bumi), tambang bawah permukaan bumi, proses pelarutan seperti batu garam, gypsum, batu gamping, dolomite, kompaksi, dan tektonik.

Hilangnya cairan menyebabkan pori-pori tanah menjadi kosong. Pori-pori yang awalnya terisi cairan tertutup karena beban material yang berada di atasnya, sehingga volume tanah berkurang dan menimbulkan amblesan. Amblesan yang terjadi akibat tektonik disebabkan oleh gempa bumi berkekuatan besar (Sudarsono, 2014).

Menurut Varnes sebagaimana dikutip oleh Suhendra (2005:1-5), ada 2 jenis amblesan, amblesan endogenik dan amblesan eksogenik.

1. Amblesan endogenik diakibatkan oleh gaya alami dari dalam perut bumi seperti pergerakan lempeng, pelipatan, patahan, dan gempa bumi.
2. Amblesan eksogenik diakibatkan oleh manusia seperti pertambangan bawah tanah, pengeboran minyak bumi dan penyedotan air tanah yang dieksplor secara berlebihan.

d. Banjir

Banjir adalah fenomena alam yang terjadi disebabkan oleh intensitas hujan yang sangat tinggi sehingga terjadi kelebihan air yang tidak bisa ditampung oleh jaringan pemutusan suatu daerah. Kondisi ini berdampak adanya genangan air di daerah tersebut yang dapat merugikan manusia dan lingkungan.

Menurut Akhmadi, Kumalawati, dan Arisanty (2017) ada beberapa karakteristik banjir.

1. Banjir bisa datang secara tiba-tiba dengan intensitas yang tinggi tetapi dapat langsung mengalir.
2. Banjir datang secara perlahan dengan durasi yang lama, sehingga menyebabkan genangan.
3. Banjir datang perlahan tetapi intensitas hujan yang rendah.
4. Pola banjir yang musiman.

Akibat yang ditimbulkan oleh banjir adalah adanya erosi pada dinding tanah dan adanya sedimentasi dalam jumlah yang besar. Sedangkan kerugian yang dialami manusia adalah rumah menjadi rusak sehingga masyarakat diperlukan evakuasi. Terdapat beberapa jenis banjir antara lain.

1. Banjir kecil, umumnya ditandai adanya genangan-genangan air hujan.
2. Banjir menengah, meluapnya sungai dan mennggenangi daerah-daerah bantaran sungai.
3. Banjir besar.

Penyebab banjir disebabkan oleh 2 faktor, faktor alami dan faktor aktivitas manusia. Banjir karena faktor alami dipengaruhi oleh hujan, fisiografi, erosi, kapasitas sungai dan kapasitas drainase. Sedangkan banjir yang diakibatkan oleh manusia adalah ulah manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan.

2.2.6. Indeks Bencana

Menurut Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 tahun 2012 indeks ancaman bencana disusun berdasarkan komponenn kemungkinan terjadi suatu ancaman dan besaran dampak yang pernah tercatat untuk bencana yang terjadi. Indeks ini disuse berdasarkan data dan catatan sejarah kejadian yang pernah terjadi pada suatu daerah.

Dalam penyusunannya, komponen-komponen utama dipetakan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). Berikut adalah tabel 2.1 Komponen indeks ancaman bencana.

Tabel 2.1 Komponen Indeks Ancaman Bencana (Peraturan BNPB No.2 Tahun 2012)

No	Bencana	Komponen	Kelas indeks			Bobot total	Bahan rujukan
			Rendah	Sedang	Tinggi		
1	Gempa Bumi	1.Peta bahaya gempa bumi 2.Peta zonasi gempa bumi 2010 (divalidasi dengan data kejadian)	Rendah (PGA value <0,2501	Sedang (PGA value 0,2501-0,70)	Tinggi (PGA value >0,70)	100%	SNI yang merujuk pada panduan yang diterbitkan oleh Badan Geologi Nasional
2	Banjir	Peta zonasi daerah rawan banjir	Rendah (<1 m)	Sedang (1-3 m)	Tinggi (>3 m)	100%	Panduan dari Badan Geologi Nasional-ESDM
3	Tanah longsor	Peta Bahaya Gerakan tanah (divalidasi dengan data kejadian)	Rendah (zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah)	Sedang (zona kerentanan gerakan tanah menengah)	Tinggi (zona kerentanan gerakan tanah tinggi)	100%	Panduan dari Badan Geologi Nasional-ESDM

1. Longsor

Menggunakan *field* kerentanan, jadikan nilai dari 4 kelas menjadi 3 kelas sesuai dengan kriteria dibawah ini

	Zona kerentanan gerakan tanah rendah	Rendah
	Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah	Rendah
	Zona kerentanan gerakan tanah menengah	Sedang
	Zona kerentanan gerakan tanah tinggi	Tinggi

Gambar 2.1 Zona kerentanan gerakan tanah

Tabel 2. 2 Skor dan pembobotan tanah longsor (Peraturan BNPB No 2 Tahun 2012)

Zona Ancaman	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
Gerakan tanah sangat rendah, rendah	Rendah	1	100	0,333333
Gerakan tanah menengah	Sedang	2		0,666667
Gerakan tanah tinggi	Tinggi	3		1,000000

2. Banjir

Gunakan *Field* kelas rawan. Hanya terdapat satu jenis kelas yaitu rawan banjir. Berikut adalah tabel 2.3 skoring dan pembobotan kerawanan banjir.

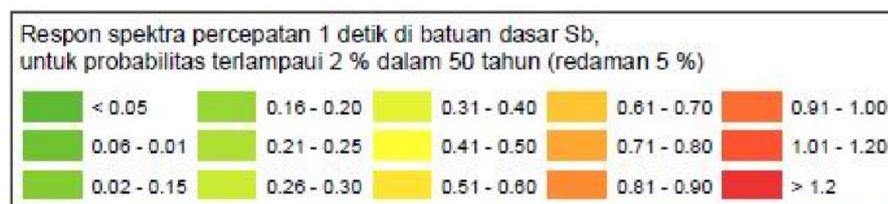
Tabel 2. 3 skoring dan pembobotan kerawanan banjir (Peraturan BNPB No 2 Tahun 2012)

Kedalaman (m)	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
<0,76	Rendah	1	100	0,33333
0,76-1,5	Sedang	2	100	0,66667
>1,5	Tinggi	3	100	1,00000

3. Gempabumi

Tabel 2. 4 Skoring dan pembobotan kerawanan gempabumi (Peraturan BNPB No 2 Tahun 2012)

PGA Value	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
<0,26	Rendah	1	100	0,33333
0,26-0,70	Sedang	2	100	0,66667
>0,70	Tinggi	3	100	1,00000



Gambar 2. 2 Respon spectra percepatan

Menurut Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, semua indikator yang diperoleh kemudian ditentukan tingkat ancaman bencana dengan menghitung menggunakan hasil indeks ancaman. Terdapat bermacam warna yang menandakan tingkat keancaman suatu bencana.

2.2.7. Skoring dan Pembobotan Kerawanan Bencana

a. Kerawanan Longsor

Dalam menganalisis kerawanan bencana longsor menggunakan dua variable yakni tingkat torehan dan kelas lereng, berikut penjelasannya.

1) Kelas lereng

Kelas lereng menggunakan data berupa data DEM (*Digital Evaluation Model*) dengan ketelitian 7 meter. Data tersebut diolah menggunakan ArcGIS 10.2. berikut adalah klasifikasi kelas lereng.

Tabel 2. 5 Klasifikasi kelas lereng (Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986.)

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0-8	Datar
II	8-15	Landai
III	15-25	Agak Curam
V	>45	Sangat Curam

2) Kelas torehan

Variable berikutnya adalah kelas tingkat torehan yang didapatkan dari pengkelasan dengan menggunakan peta DEMNAS ketelitian 7 meter. Tingkat torehan dibagi menjadi 4 kelas yaitu seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. 6 Klasifikasi tingkat torehan (Bintari,2018)

Kelas	Tingkat torehan	Skoring tingkat torehan
1	Datar	0
2	Berombak	1

Tabel 2. 7 Klasifikasi tingkat torehan (Bintari,2018) (lanjutan)

Kelas	Tingkat torehan	Skoring tingkat torehan
3	Bergelombang	2
4	Perbukitan	3

Kerawanan longsor dapat dinilai setiap potensinya menggunakan hasil analisis penilaian dari kelas lereng dan tingkat torehan kemudian masing-masing skor dijumlahkan sehingga kerawanan bencana longsor dapat diklasifikasikan menjadi empat kelas kerawanan yaitu seperti tabel dibawah ini.

3) Klasifikasi bentuk lahan

Tabel 2. 8 Klasifikasi bentuk lahan (Bintari, 2018)

Bentuk lahan	Skoring bentuk lahan
Perbukitan, pegunungan, dinding terjal	1
Lembah sungai, dataran banjir	2
Dataran fluviomarin, lembah antar perbukitan Dataran kaki, dataran alluvial,	3

Tabel 2. 9 Kelas potensi kerawanan longsor (Bintari, 2018)

Hasil penjumlahan skoring kelas lereng dan tingkat torehan	Kelas kerawanan longsor	Skoring kerawanan longsor
1-2	Tidak Rawan	0
3	Rendah	1
4	Sedang	2
5-6	Tinggi	3

b. Kerawanan Banjir

Untuk mengidentifikasi kerawanan banjir menggunakan 2 parameter yaitu curah hujan Kabupaten Bantul bulanan berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik)

Kabupaten Bantul, data DEMNAS untuk menentukan kelas lereng, dan data hipsografi untuk menentukan bentuk lahan dari Kabupaten Bantul.

1) Curah Hujan

Data curah hujan menggunakan data statistik yang dipetakan kemudian di dalam peta tersebut terdapat pembagian wilayah berdasarkan curah hujan tiap wilayahnya. Data yang digunakan adalah curah hujan bulanan (mm/bulan). Dibawah ini adalah pembagian klasifikasi curah hujan dari yang terendah ke tertinggi.

Tabel 2. 10 Klasifikasi curah hujan

Kelas	Intensitas(mm/bulan)	Klasifikasi
I	0-1500	Sangat Rendah
II	1500-2000	Rendah
III	2000-2500	Sedang
IV	2500-3000	Tinggi
V	>3000	Sangat Tinggi

2) Kelas Lereng

Pengklasifikasian kelas lereng berdasarkan data DEMNAS dengan ketelitian 7 m. Klasifikasi kelas lereng dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 2. 11 Klasifikasi kelas lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0-8	Datar
II	8-15	Landai
III	15-25	Agak Curam
IV	25-45	Curam
V	>45	Sangat Curam

Kerawanan banjir dapat dinilai setiap potensinya menggunakan hasil analisis penilaian dari kelas lereng, bentuk lahan, dan curah hujan bulana kemudian

skor dari tiap variable dijumlahkan. Dibawah ini adalah hasil penjumlahan masing-masing variable.

Tabel 2. 12 Kelas kerawanan bencana banjir (Bintari, 2018)

Hasil penjumlahan skoring untuk lereng, betuk lahan, dan curah hujan bulanan	Kelas kerawanan bencana banjir	Skoring bencana banjir	kerawanan
0-3	Rendah		1
4-6	Sedang		2
37-9	Tinggi		3

c. Kerawanan bencana Amblasan

Amblasan adalah suatu peristiwa dimana tanah mengalami penurunan elevasi yang saat ini sudah dijadikan salah satu bencana alam yang dapat menyebabkan terganggunya lintasan pada jalan raya. Amblasan dapat dianalisa berdasarkan kecepatan penurunan tanah. Berikut adalah parameter dalam analisis daerah rawan penurunan muka tanah.

Tabel 2.13 Nilai skor parameter daerah rawan penurunan muka tanah (Bintari,2018)

Parameter	Tingkat Kerawanan (Skoring kerawanan bencana amblasan)		
	Rendah (1)	Sedang (2)	Tinggi (3)
Penggunaan Lahan	Hutan Lindung, Hutan Alam	Kebun Campuran, Semak Belukar	Rawa, Tambak, Permukiman
Bentuk lahan	Dataran, Bergelombang, Miring	Dataran Aluvial	Dataran Banjir, Teras, Lembah

Penilaian wilayah rawan amblasan yang dilakukan menggunakan pendekatan bentuk lahan.

d. Multi-rawan Bencana

Multi-rawan bencana adalah adalah informasi tingkat kerawanan bencana suatu daerah terhadap berbagai ancaman bencana alam. Multi rawan bencana yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kerawanan jalan raya Jalan Bibis Raya-Jalan

Bibis terdapat bencana longsor, gempa bumi, banjir, dan amblasan. Tingkat kerawanan bencana di suatu daerah didapatkan dari penjumlahan skor kerawanan longsor, banjir, gempa bumi dan amblasan yang sudah dibobotkan. Jumlah skor tersebut dimasukkan dalam kelas multi-rawan yang sudah dimodifikasi berdasarkan Peraturan BNPB No 02 Tahun 2002 dan Badan Informasi Geospasial 2018. Kelas multi-rawan dapat diklasifikasikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 14 Kelas potensi multi-rawan

Jumlah Skoring kerawanan bencana	Kelas Multi-rawan	Skoring Multi-rawan
7-8	Rendah	1
8,1-9	Sedang	2
9,1-10	Tinggi	3

2.2.8.Jalan

1. Definisi Jalan

Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel kereta api dan jalan kabel. Didalam pengaturan jaringan jalan terdapat sistem jaringan jalan yang artinya satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hierarki. Berikut adalah klasifikasi jalan menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004.

- a. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004
 - 1) Jalan Arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien. Pengelompokan jalan arteri sebagai berikut
 - a) Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan

wilayah. Sistem jaringan jaringan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan seperti menghubungkan secara terus menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan local sampai ke pusat kegiatan lingkungan dan menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

b) Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang melayani dan menghubungkan angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi seefisien dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota seperti jalan di daerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol

- 2) Jalan kolektor, yaitu jalan yang digunakan untuk melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan sedang, kecepatan rata-rata kurang dari 40 km/jam, lebar jalan lebih dari 7 m dan jumlah jalan dibatasi. Pengelompokkan jalan kolektor sebagai berikut:

a) Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Perencanaan jalan kolektor primer berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 km/jam dengan lebar jalan kurang dari 9 m.

b) Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan meghubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jalan kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota. Perencanaan jalan kolektor sekunder berdasarkan kecepatan rencana kurang dari sama dengan 20 km/jam dengan lebar jalan kurang dari 9 m.

- 3) Jalan lokal, menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.

a) Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan. Perencanaan jalan lokal primer berdasarkan memiliki kecepatan rencana lebih dari 20 km/jam dengan lebar paling sedikit 7,5 m.

b) Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan antar kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Perencanaan jalan lokal sekunder memiliki kecepatan paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.

- 4) Jalan lingkungan, menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan.

a) Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang dapat menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan pedesaan. Perencanaan jalan lingkungan primer memiliki kecepatan paling rendah 15 km/jam dengan lebar paling sedikit 6,5 m.

b) Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunderr adalah jalan yang menghubungkan dalam skala kawasan perkotaan. Jalan lingkungan sekunder memiliki kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam dan lebar paling sedikit 6,5 m.

b. Klasifikasi jalan berdasarkan status

Salah satu klasifikasi jalan adalah klasifikasi jalan berdasarkan statusnya. Klasifikasi jalan berdasarkan statusnya menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004.

- 1) Jalan Nasional adalah jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional serta jalan tol. Jalan nasional berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 dikelola oleh Pemerintah Pusat

Jalan nasional terdiri dari:

- a) Jalan arteri primer.
 - b) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi.
 - c) Jalan tol.
 - d) Jalan strategis nasional.
- 2) Jalan Provinsi adalah jaringan jalan yang meghubungkan antar kabupaten dalam satu provinsi. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Jalan Provinsi dikelola oleh Pemerintah Provinsi.

Jalan Provinsi terdiri atas:

- a) Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten atau kota.
 - b) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibu kota kabupaten.
 - c) Jalan strategis provinsi.
 - d) Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan nasional.
- 3) Jalan Kabupaten adalah jalan yang menghubungkan antar jalan kecamatan atau distrik. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 jalan kabupaten dikelola oleh Pemerintah Kabupaten.

Jalan kabupaten terdiri dari:

- a) Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional sebagaimana dimaksud dengan jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan provinsi.
 - b) Jalan local primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
 - c) Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
- 4) Jalan Kota adalah jalan umum pada suatu jaringan jalan sekunder di dalam kota. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 jalan kota dikelola oleh Pemerintah Kota.

- 5) Jalan Desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan pedesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa.
- c. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Peruntukan menurut Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan Indonesia sebagai berikut:
 - 1) Jalan Umum

Jalan umum merupakan jalan yang digunakan untuk melayani lalu lintas umum.
 - 2) Jalan Khusus

Jalan khusus adalah jalan yang dikelola dari suatu instansi yang tidak diperuntukan bagi lalu lintas umum, seperti jalan inspeksi saluran pengairan, jalan perkebunan, jalan kompleks perumahan bukan untuk umum, jalan di kompleks sekolah, dan jalan untuk daerah-daerah keperluan milimeter.
- d. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Sistem menurut Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan sebagai berikut:
 - 1) Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
 - 2) Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.
- e. Klasifikasi jalan berdasarkan kelas menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 sebagai berikut.
 - 1) Jalan kelas I (satu), yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

2) Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, local dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

3) Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, local, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

4) Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, ukuran panjang melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

2.2.9. GIS (Geographic Information System)

Penataan ruang pembanguna harus didasari atas kondisi lingkungan yang sesuai dengan jenis dan intensitas kegiatan pembangunan. Penataan ruang pembangunan ruang diatur dalam PERDA, Peraturan Pemerintah, dan Undang-undang yang terkait langsung atau tidak langsung dengan tata ruang wilayah. Ssitem penataan tata ruang tercantum dalam Undang-Undang No 25 Tahun 20014 tentang Ssistem Penataan Ruang dan Undang-undang 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Suatu wilayah bisa saja memiliki mecem bencana yang serupa tetapi memiliki frekuensi yang berbeda-beda. Jenis dan intensitas ancaman bahaya bencana menjadi tolak ukur penentuan fungsi tata ruang pembangunan. Jenis dan intensitas bencana dapat ditafsirkan dan dianalisis melalui pemahaman kondisi fisik wilayah secara mendalam.

Seiring dengan berjalannya waktu banyaknya pengembangan teknologi ada beberapa bencana yang dapat digunakan yaitu menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). Sejak tahun 1990-an, aplikasi perangkat lunak SIG sudah berkembang pesat dengan hadirnya produk-produk yang populer sejak pertengahan 2000-an adalah ArcGIS beserta *GeoDatabase*-nya. SIG menyediakan kerangka kerja yang bersifat skalabilitas untuk menerapkan aplikasi SIG. ArcGIS adalah penyempurna dari produk-produk *software* dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. Pengembangan ArcGIS terdiri dari *framework* yang siap berkembang untuk mempermudah pembuatan aplikasi SIG untuk penggunaanya.

Framework ArcGIS terdiri dari ArcGIS *Desktop* merupakan kumpulan aplikasi SIG profesional yang bermutu, ArcGIS *Engine* merupakan kumpulan komponen SIG yang bisa ditanamkan untuk membangun aplikasi SIG, ArcGIS *Server* merupakan kumpulan aplikasi yang berfungsi sebagai *server* SIG pada ArcGIS, dan *Mobile* SIG merupakan aplikasi ArcGIS yang bekerja pada *platform tablet PC computing*. Dalam penelitian ini *Framework* yang digunakan adalah *framework* ArcGIS *Desktop*. ArcGIS *Desktop* terdiri dari ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe, ArcReader dan ModelBuilder.

ArcView atau ArcMap adalah aplikasi pusat ArcGIS *Desktop* yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan yang berbasis peta *digital* seperti kartografis, *Map analysis*, dan *editing*. Dalam pengoperasiannya, ArcMap menyediakan dua tipe *map-view*: *view* data geografis dan *view* data geografis & *view layout*.

ArcCatalog adalah aplikasi yang dapat membantu penggunaannya untuk mengelola informasi spasial; *map*, *globe*, metadata, beserta layanan lainnya. Aplikasi ini mencakup beberapa alat bantu yang berfungsi untuk: mencari dan menampilkan informasi spasial, menyimpan, menampilkan dan mengelola metadata, mengidentifikasi, *meg-export* dan *meng-import* model-model data *geodatabase*, mencari dan menemukan data SIG baik di jaringan computer local di *internet*, mengelola *server* SIG; administrator *database* SIG pada umumnya menggunakan ArcCatalog sebagai alat bantu untuk mendefinisikan dan mengembangkan *geodatabase*.

ArcToolbox berisi kumpulan fungsi *geoprocessing*. ArcToolbox ditanamkan kedalam aplikasi ArcCatalog dan ArcMap yang tersedia ditingkatkan fungsionalitas ArcView, ArcEditor, serta ArcInfo. Fungsi-fungsi *geoprocessing* tersebut adalah Manajemen data, konversi data, pemrosesan *coverage*, analisis vektor, *geocoding*, *linier referencing*, kartografis dan analisis statistik. ModelBuilder menyediakan *framework* pemodelan grafis yang dimanfaatkan untuk *men-design* dan menerapkan model *geoprocessing* yang dapat mencakup *tools*, *script*, dan data. Dengan ModelBuilder, pengguna ArcGIS hanya *men-drag tools* dan *dataset* ke dalam modelnya, kemudian mengaitkannya untuk membentuk urutan langkah-langkah tugas SIG yang lebih kompleks. Setelah penjelasan ArcToolbox terdapat juga ArcGlobe.

ArcGlobe menyediakan tampilan informasi spasial yang bersifat *continue*, multi resolusi, dan interaktif. *ArcGlobe* bekerja dengan *layer* data SIG, dapat menampilkan informasi yang terdapat di dalam *geodatabase* dan semua format data spasial SIG yang didukung oleh ArcGIS. Meskipun demikian, *ArcGlobe* memiliki fasilitas tampilan 3D dinamis.

ArcReader adalah aplikasi *map-viewer* dan *globe-viewer* yang menyediakan metode untuk berbagi peta elektronik baik melalui jaringan intranet maupun internet. Dalam pengoperasiannya aplikasi ini mempertahankan status *live-connection*-nya kepada datanya sehingga *view* datanya akan selalu bersifat aktual. Karena hal inilah *ArcReader* sering digunakan untuk mempublikasikan peta yang berbasis ArcIMS atau layanan *geography network*.

2.2.10. *Pavement Condition Index*

Pavement Condition Index (PCI) merupakan sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat, dan luas kerusakan yang terjadi serta dapat digunakan sebagai pedoman dalam pemeliharaan. Nilai PCI memiliki rentang 0 sampai 100 dengan kriteria sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*baik*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*) dan gagal (*failed*) (Suswandi dkk., 2008). Berikut adalah jenis-jenis kerusakan perkerasan jalan.

a. Retak kulit buaya

Retak yang berbentuk sebuah jaringan dari bidang persegi banyak kecil menyerupai kulit buaya, dengan lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Retak ini disebabkan oleh kelelahan akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan retak kulit buaya.

Tabel 2. 15 Tingkat kerusakan retak kulit buaya (Hardiyatmo, 2017)

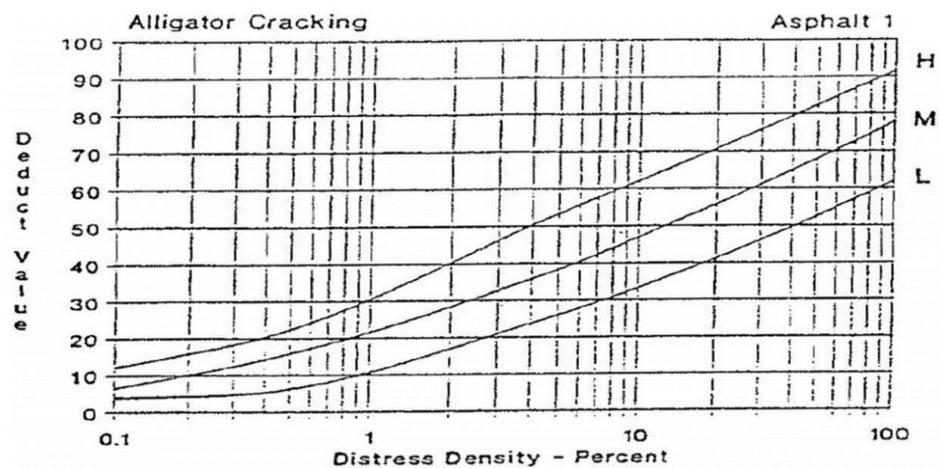
Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal.

Tabel 2. 16 Tingkat kerusakan retak kulit buaya (Hardiyatmo,2017) (Lanjutan)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal.
H	dan pola retak telah berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan terjadi gompal di pinggir. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu lintas.



Gambar 2. 3 Retak kulit buaya

Gambar 2. 4 *Deduct value* retak kulit buaya

b. Kegemukan

Kegemukan adalah salah satu jenis kerusakan permukaan jalan. Bentuk fisik dari kerusakan ini dapat dikenali secara visual dengan terlihatnya lapisan tipis aspal pada permukaan perkerasan dan jika pada kondisi temperatur permukaan perkerasan yang tinggi atau pada lalu lintas yang berat. Penyebab utama dari kerusakan ini adalah penggunaan aspal yang tidak merata dan tidak menggunakan binder (aspal) yang sesuai akibat dari keluarnya aspal dari lapisan bawah yang mengalami kelebihan aspal. Kerusakan kegemukan ini biasanya terjadi pada aspal yang memiliki kadar aspal yang sangat tinggi pada campuran aspal atau disebabkan oleh pemakaian aspal yang terlalu banyak pada tahapan *prime coat*. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan (*bleeding/flushing*) dan *deduct value* dari jenis kerusakan kegemukan.

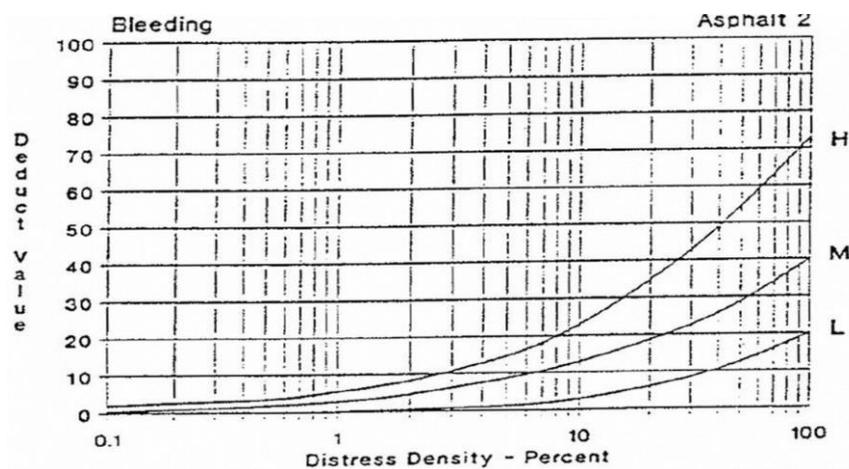
Tabel 2. 17 Tingkat kerusakan retak kegemukan (*bleeding/flushing*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah, dan Nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan
M	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun.
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.

Berikut adalah salah satu contoh tampak kerusakan jalan akibat kegemukan sebagaimana penyebab kerusakannya sudah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya.



Gambar 2. 5 Kegemukan



Gambar 2. 6 Deduct value kegemukan

c. Retak kotak-kotak (*block cracking*)

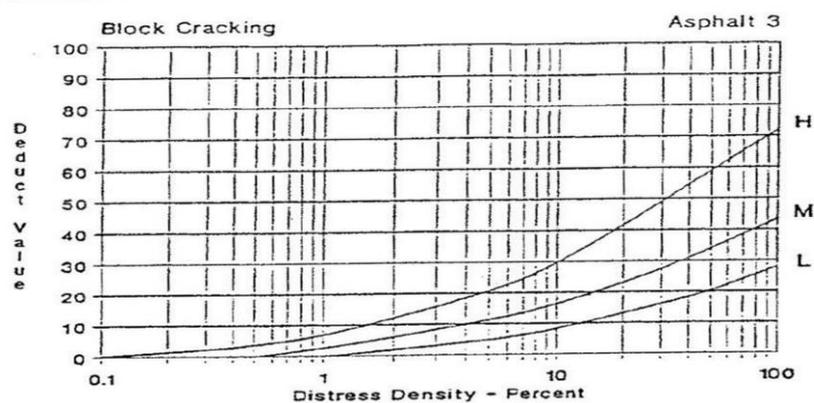
Retak ini berbentuk blok atau kotak-kotak pada permukaan perkerasan jalan. retak ini disebabkan oleh pada lapisan tambahan (*overlay*), yang menggambarkan pola retakan perkerasan di bawahnya. Kerusakan *block cracking* banyak dijumpai pada ruas-ruas jalan arteri dan kolektor. Beberapa penyebab kerusakan ini adalah perambatan retak susut, yang terjadi pada lapisan perkerasan dibawahnya, retak pada lapis perkerasan yang lama tidak diperbaiki secara benar sebelum pekerjaan lapisan tambahan, perbedaan penurunan dari timbunan atau pemotongan badan jalan dengan struktur perkerasan, perubahan volume pada lapis pondasi dan tanah dasar, serta adanya akar pohon atau utilitas lainnya di bawah lapis perkerasan. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan retak kotak-kotak (*block cracking*) dan *deduct value* retak kotak-kotak.

Tabel 2. 18 Tingkat kerusakan kotak-kotak (*block cracking*) (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Retak rambut yang membentuk kotak-kotak besar.
M	Penegmbangan lebih lanjut dari retak rambut.
H	Retak sudah membentuk bagian-bagian kotak dengan celah besar.



Gambar 2. 7 Retak kotak-kotak

Gambar 2. 8 *Deduct value* retak kotak-kotakd. Cekungan (*bump and sags*)

Bendul disebabkan oleh beberapa faktor yaitu bendul atau tonjolan yang dibawah PCC *slab* pada lapisan AC, lapisan aspal bergelombang (membentuk

lapisan cembung), dan perkerasan yang mejumbul ke atas pada material disertai retakan yang ditambah dengan beban lalu lintas. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan cekungan dan *deduct value* cekungan.

Tabel 2. 19 Tingkat kerusakan cekungan (*bumb and sags*) (Hardiyatmo,2017)

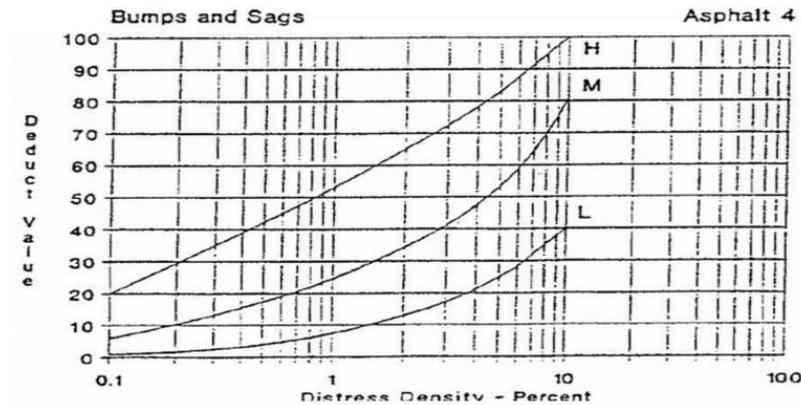
Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Cekungan dengan lembah yang kecil.
M	Cekungan dengan lembah yang kecil disertai dengan retak.
H	Cekungan dengan lembah yang agak dalam disertai dengan retakan dan celah yang agak lebar.

Berikut adalah Gambar 2.9 tampak jenis kerusakan cekungan atau *bumb and sags*



Gambar 2. 9 Cekungan

Untuk menghitung atau mencari nilai *Deduct value* jenis kerusakan cekungan atau *bumb and sags* dapat dilihat dari Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 *Deduct value* cekungan

f. Keriting (*corrugating*)

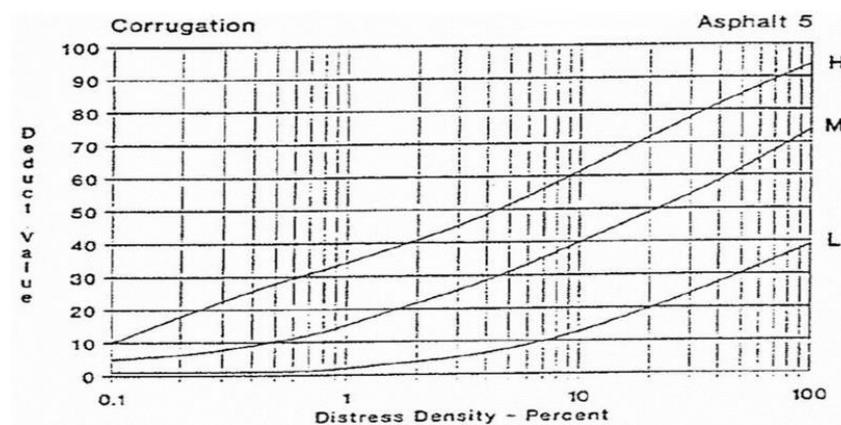
Bentuk kerusakan ini adalah gelombang pada lapis permukaan, atau dapat dikatakan alur yang arahnya melintang jalan, dan sering disebut dengan *plastic movement*. Kerusakan seperti ini sering terdapat pada area pemberhentian kendaraan. Penyebab dari kerusakan ini adalah stabilitas lapisan permukaan rendah, penggunaan material atau agregat yang tidak tepat, terlalu banyak agregat halus pada pencampurannya, dan lapis pondasi yang memang sudah bergelombang. Kerusakan keriting juga dapat disebabkan jika lalu lintas sudah dibuka sebelum perkerasan belum siap. Kerusakan jenis ini dapat diperbaiki dengan cara menggaruk kembali, dicampur dengan lapis pondasi, dipadatkan lagi dan diberi lapis permukaan baru (*overlay*). Berikut adalah tabel tingkat kerusakan keriting dan *deduct value* kerusakan keriting.

Tabel 2. 20 Tingkat kerusakan retak keriting (*corrugating*) (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi Kerusakan
L	Lembah dan bukit gelombang yang kecil.
M	Gelombang dengan lembah gelombang yang agak dalam.
H	Cekungan dengan lembah yang agak dalam disertai dengan retakan dan celah yang agak lebar.



Gambar 2. 11 Keriting



Gambar 2. 12 Deduct value keriting

g. Amblas (*depression*)

Amblas adalah bentuk dari penurunannya permukaan lapisan perkerasan pada lokasi-lokasi tertentu dengan atau tanpa retak. Kedalaman amblas umumnya lebih dari 2 cm dan akan menampung air bahkan meresap air. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan amblas dan *deduct value* kerusakan amblas

Tabel 2. 21 Tingkat kerusakan amblas (*depression*) (Hardiyatmo,2017)

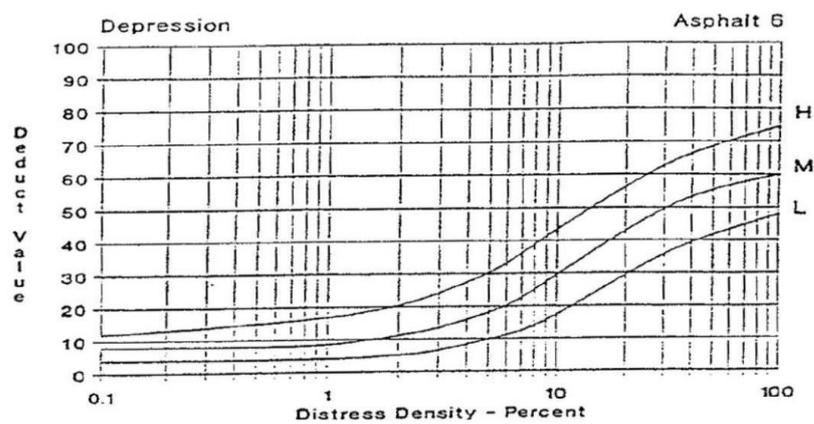
Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Kedalaman maksimum amblas ½ -1 in.(13-25 mm)
M	Kedalaman maksimum amblas 1-2 in.(25-51 mm).

Tabel 2. 22 Tingkat kerusakan amblas (*depression*) (Hardiyatmo,2017) (Lanjutan)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
H	Kedalaman amblas >2 in.(51 mm)



Gambar 2. 13 Amblasan

Gambar 2. 14 *Deduct value* amblasanh. Retak pinggir (*edge cracking*)

Retak pinggir adalah retak yang sejajar dengan jalur lalu lintas dan juga biasanya berukuran 0,3-0,6 m dari pinggir perkerasan. Kerusakan ini disebabkan oleh beban lalu lintas atau cuaca yang memperlemah pondasi atas maupun pondasi bawah yang

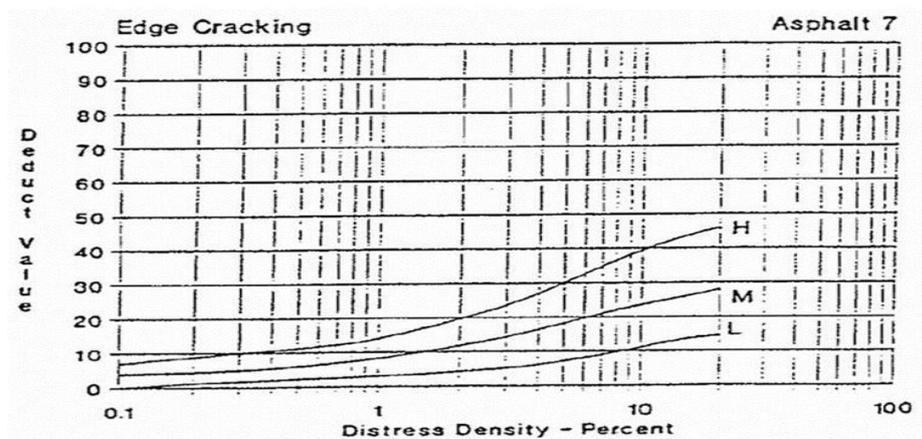
dekat dengan pinggir perkerasan. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan pinggir dan *deduct value* retak pinggir permukaan jalan.

Tabel 2. 23 Tingkat kerusakan pinggir (*edge cracking*) (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Retak sedikit sampai sedang dengan atau tanpa pecahan
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.
H	Banyak pecahan atau butiran lepas disepanjang tepi perkerasan.



Gambar 2. 15 Retak pinggir



Gambar 2. 16 *Deduct value* retak pinggir jalan

i. Retak sambung (*Joint reflect cracking*)

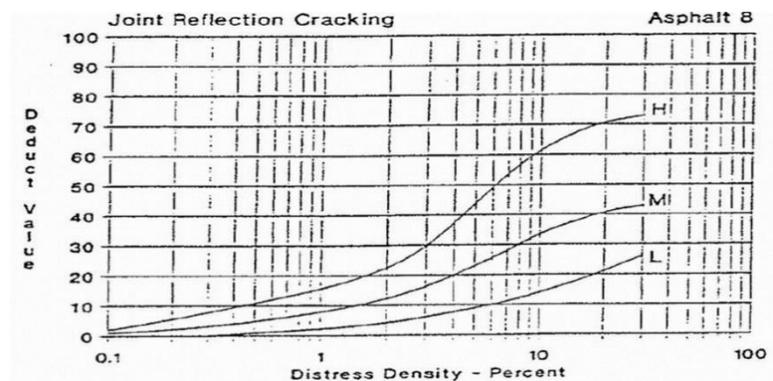
Jenis kerusakan ini pada umumnya terjadi pada perkerasan aspal yang telah dihamparkan diatas perkerasan beton semen *Portland*. Retakan terjadi pada lapis permukaan tambahan (*overlay*) aspal yang mencerminkan pola retak dalam perkerasan beton lama yang berbeda di bawahnya. Pola retakan dapat kearah memanjang, melintang, diagonal atau membentuk blok. Kerusakan retak sambung dapat disebabkan oleh gerakan dari tanah dasar atau tanah pondasi dan hilangnya kadar air pada tanah dasar (jenis tanah lempung).Berikut adalah tabel tingkat kerusakan retak sambung dan *deduct value* retak sambung.

Tabel 2. 24 Tingkat kerusakan retak sambung (*Joint reflect cracking*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Satu dari kondisi yang terjadi 1. Retak tak terisi, lebar <10 mm 2. Retak terisi sembarang lebar.
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi 1. Retak tak terisi, lebar 10-76 mm. 2. Retak tak terisi, lebar sampai 76 mm dan dikelilingi retak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang atau tinggi. 2. Retak tak terisi lebih dari 76 mm. 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa mm disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).



Gambar 2. 17 Retak sambung

Gambar 2. 18 *Deduct value* retak sambungj. Pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder dropp off*)

Jenis kerusakan ini terjadi karena beda ketinggian antara permukaan perkerasan dengan permukaan bahu atau tanah sekitarnya, dimana permukaan bahu lebih rendah terhadap permukaan perkerasan. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan *shoulder dropp off*.

Tabel 2. 25 Tingkat kerusakan *shoulder dropp off* (Hardiyatmo,2017)

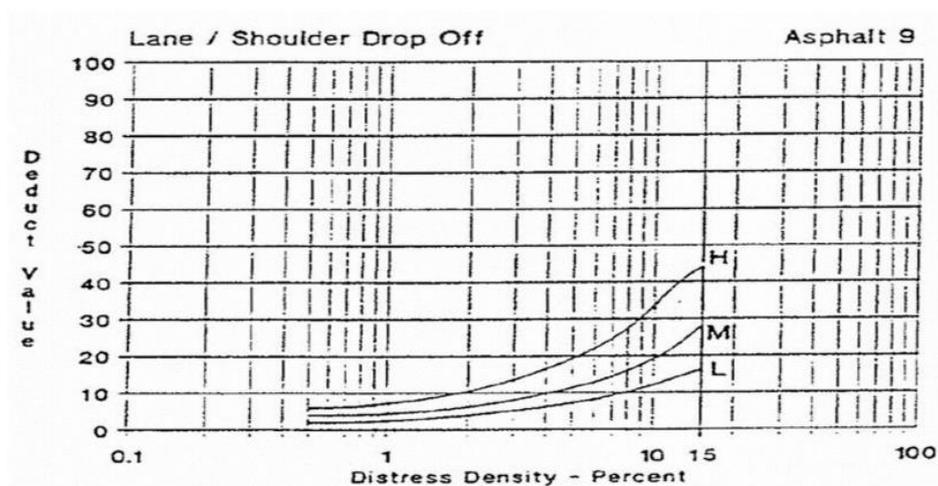
Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Beda elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan 25-51 mm.
M	Beda elevasi 51-102 mm.

Tabel 2. 26 Tingkat kerusakan *shoulder dropp off* (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
H	Beda elevasi >102 mm.



Gambar 2. 19 Pinggiran turun vertikal



Gambar 2. 20 Deduct value shoulder dropp off

k. Retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*)

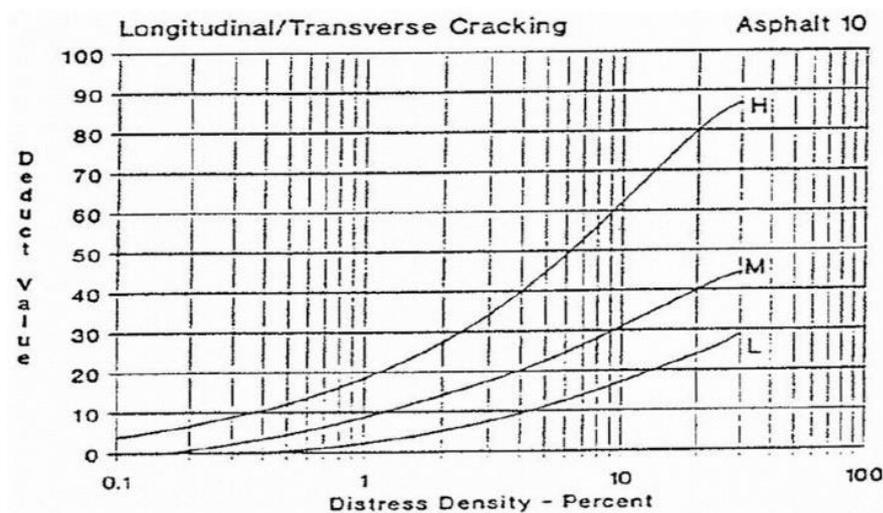
Retak ini berjarak yang terdiri dari beberapa celah. Penyebab dari kerusakan ini adalah perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya, lemahnya sambungan perkerasan, dan material bahu samping kurang baik. Jenis kerusakan seperti ini dapat diatasi dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* retak memanjang atau melintang.

Tabel 2. 27 Tingkat kerusakan retak memanjang atau melintang
(Hardiyatmo, 2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Satu dari kondisi yang terjadi 1. Retak tak terisi, lebar <10 mm 2. Retak terisi sembarang lebar.
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi 1. Retak tak terisi, lebar 10-76 mm. 2. Retak tak terisi, lebar sampai 76 mm dan dikelilingi retak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang atau tinggi. 2. Retak tak terisi lebih dari 76 mm. 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa mm disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).



Gambar 2. 21 Retak melintang atau memanjang



Gambar 2. 22 Deduct value retak memanjang atau melintang

1. Tambalan (*patching end utility cut patching*)

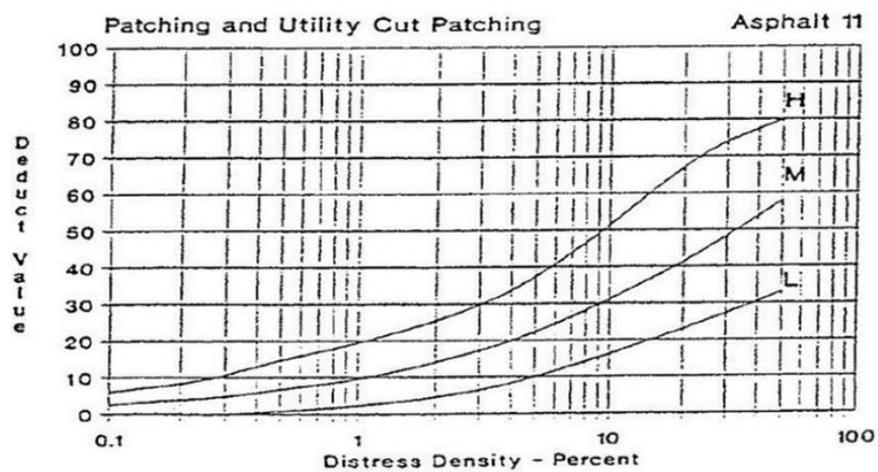
Tambalan merupakan jalan yang sudah dan diganti dengan bahan yang baru dan lebih bagus untuk perbaikan dari perkerasan sebelumnya. Tambalan dilaksanakan pada seluruh atau beberapa bagian yang rusak pada ruas jalan. berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan jenis tambalan.

Tabel 2. 28 Tingkat kerusakan tambalan (*patching end utility cut patching*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Tambahan dalam kondisi baik dan memuaskan.
M	Tambalan sedikit rusak dan atau kenyamanan kendaraan agak terganggu.
H	Tambalan sangat rusak atau kenyamanan kendaraan sangat terganggu.



Gambar 2. 23 Tambalan



Gambar 2. 24 *Deduct value* tambalan

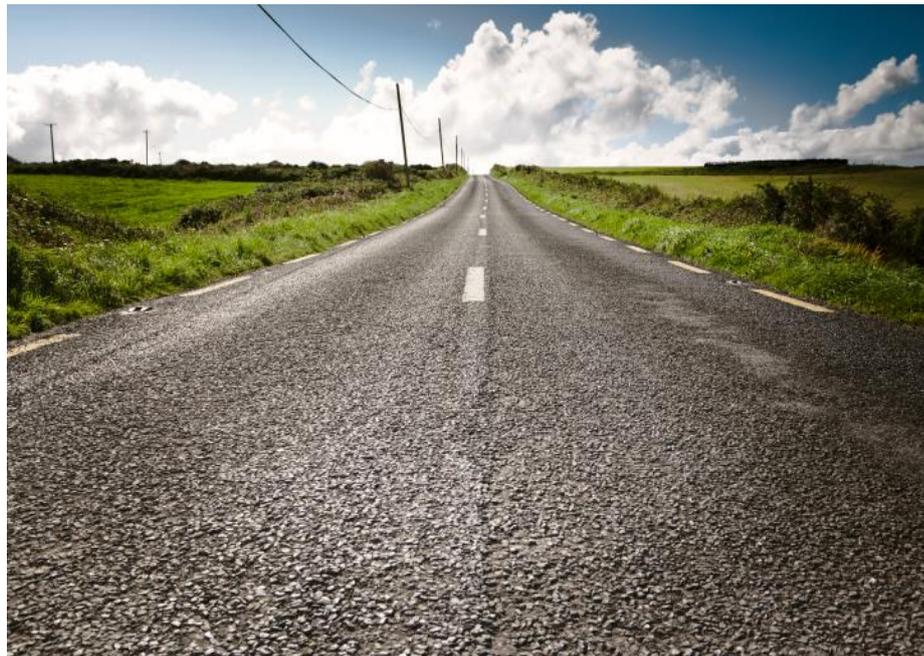
m. Pengausan agregat (*polised agregat*)

Jenis kerusakan ini disebabkan oleh penerapan lalu lintas yang berulang-ulang dimana agregat pada perkerasan menjadi licin dan perekatan dengan permukaan roda pada tekstur perkerasan yang mendistribusikannya tidak sempurna. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* pengausan agregat.

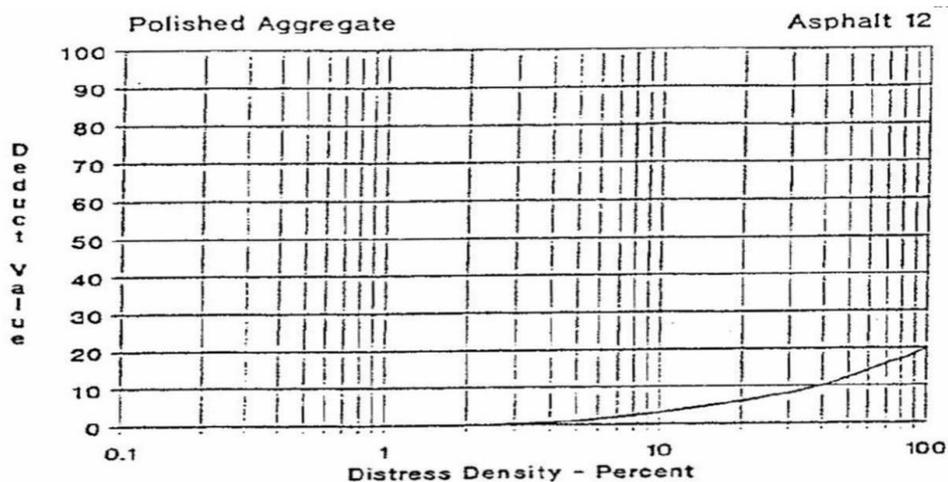
Tabel 2. 29 Tingkat kerusakan pengausan agregat (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Agregat masih menunjukkan kekuatan.
M	Agregat sedikit mempunyai kekuatan.
H	Pengausan tanpa menunjukkan kekuatan.

Gambran kerusakan permukaan jalan akibat pengausan agregat dapat dilihat dari Gambar 2.25



Gambar 2. 25 Pengausan agregat



Gambar 2. 26 *Deduct value* pengausan agregat

n. Lubang (*pothole*)

Jenis kerusakan ini sepeyri mangkuk yang dapat menampung dan meresap air pada badan jalan. Terkadang terjadi didekat retakan, atau di daerah yang drainasenya kurang baik. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* permukaan berlubang.

Tabel 2. 30 Tingkat kerusakan retak lubang (*pothole*) (Hardiyatmo,2017)

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	102-203 mm	203-457 mm	457-762 mm
12,7-25,4 mm	L	L	M
25,4-50,8 mm	L	M	H
>50,8 mm	M	M	H

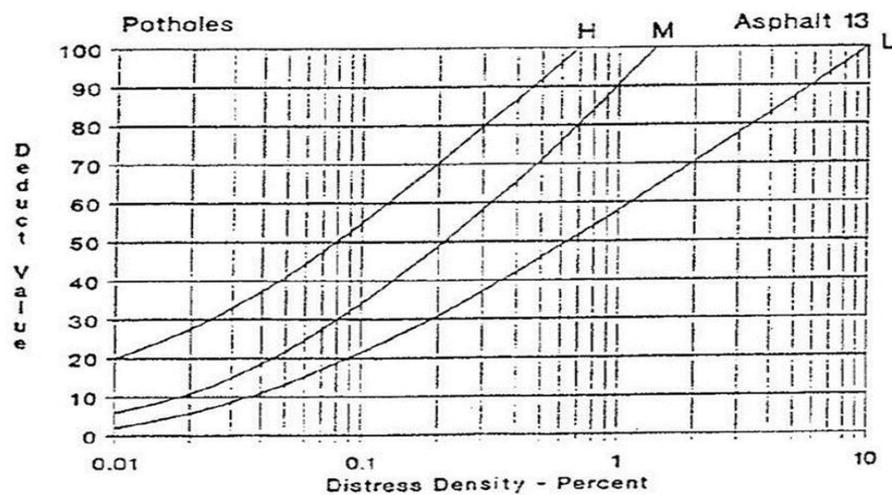
L: Belum perlu diperbaiki;penambalan parsial atau diseluruh kedalaman

M:Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman

H:Penambalan diseluruh kedalaman



Gambar 2. 27 *Pothole* (lubang)



Gambar 2. 28 *Deduct value* kerusakan berlubang

o. Rusak perpotongan rel (*railroad crossing*)

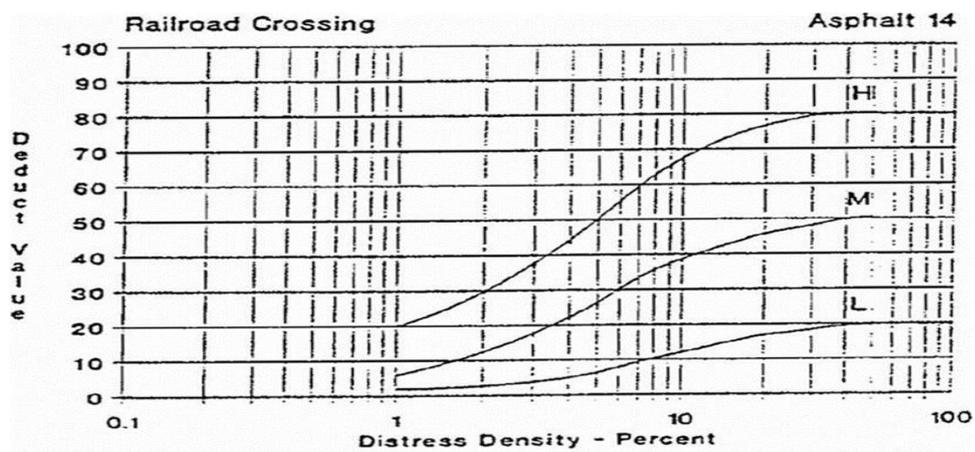
Kerusakan pada perpotongan rel adalah penurunan atau benjol disekeliling atau diantara rel yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan. Tidak bisanya menyatu antara rel dengan lapisan perkerasan. Penyebab dari kerusakan ini adalah amblasnya perkerasan sehingga timbul beda elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel, pelaksanaan atau pekerjaan rel kereta yang buruk. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan akibat perpotongan rel.

Tabel 2. 31 Tingkat kerusakan perpotongan rel (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Kedalaman 6 mm-13 mm
M	Kedalaman 13 mm-25 mm
H	Kedalaman >25 mm



Gambar 2. 29 Perpotongan rel



Gambar 2. 30 Deduct value rusak perpotongan rel

p. Alur (*rutting*)

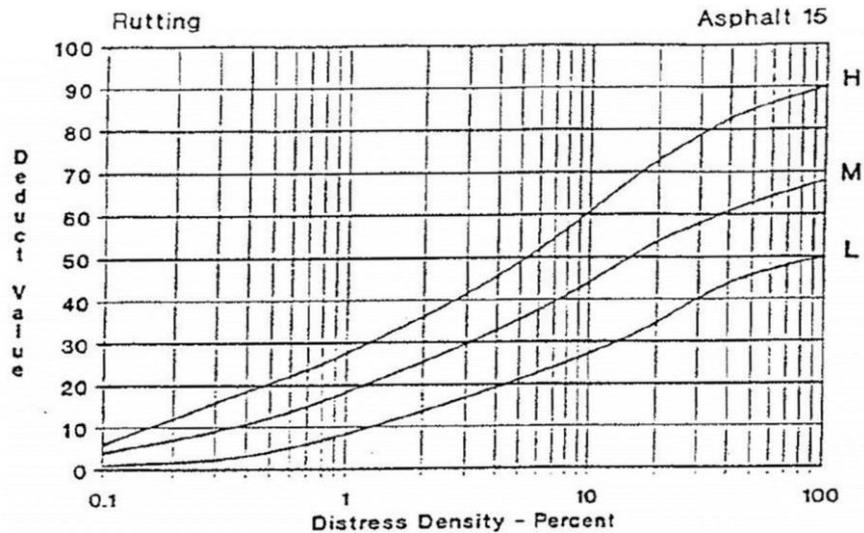
Kerusakan *rutting* biasa juga disebut dengan kerusakan *longitudinal ruts* atau *channel/rutting*. Bentuk kerusakan ini terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan dan berbentuk alur. Kerusakan ini terjadi disebabkan oleh lapis permukaan yang kurang padat, dengan demikian terjadi penambahan pemadatan akibat pengulangan beban lalu lintas pada lintasan roda. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat juga menimbulkan lendutan. Kerusakan ini dapat diperbaiki dengan memberi lapisan tambahan dari lapisan permukaan yang sesuai. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan alur (*rutting*).

Tabel 2. 32 Tingkat kerusakan retak alur (*rutting*) (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Kedalaman alur rata-rata 6-13 mm.
M	Kedalaman alur rata-rata 13 -25,5 mm.
H	Kedalaman alur rata-rata 25,5 mm.



Gambar 2. 31 Kerusakan alur



Gambar 2. 32 *Deduct value* kerusakan alur

q. Sungkur (*Shoving*)

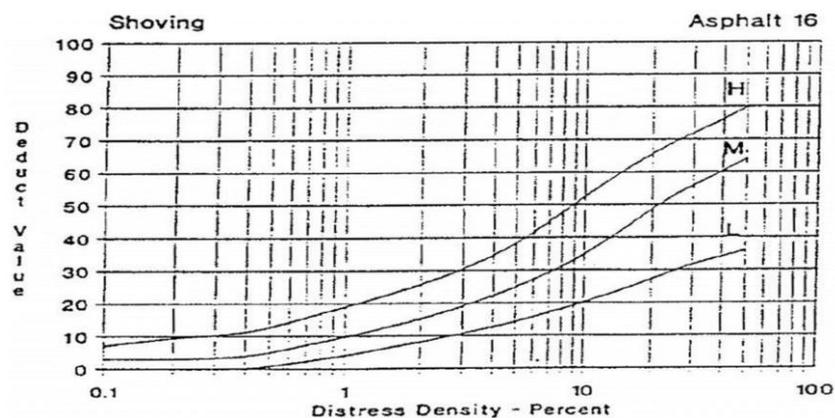
Sungkur adalah perpindahan lapisan perkerasan pada bagian tertentu yang disebabkan beban lalu lintas. Beban lalu lintas akan mendorong berlawanan dengan perkerasan dan akan menghasilkan ombak pada lapisan perkerasan. Kerusakan jenis sungkur dapat dilakukan perbaikan dengan cara membongkar lapisan terdahulu lalu dilapis kembali dengan lapisan yang baru. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* dari kerusakan sungkur.

Tabel 2. 33 Tingkat kerusakan retak sungkur (*shoving*) (Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan.
M	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.
H	Kedalaman alur rata-rata 25,5 mm



Gambar 2. 33 Sungkur

Gambar 2. 34 Deduct value sungkur (*shoving*)

r. Patah slip (*slippage cracking*)

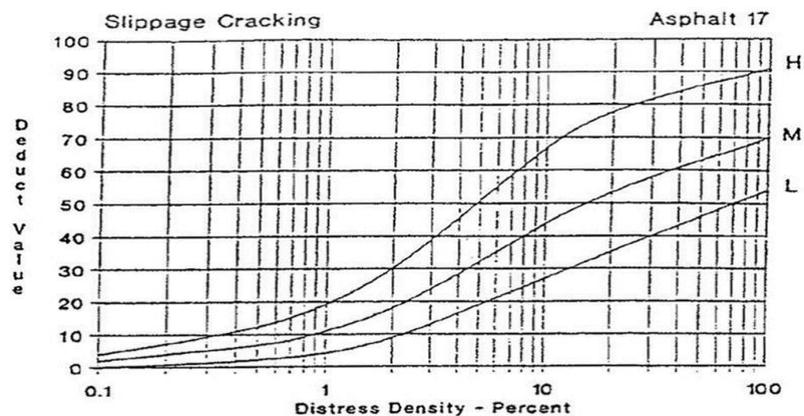
Patah slip adalah retak yang berbetuk seperti bulan sabit yang disebabkan lapisan perkerasan terdorong atau meluncur merusak bentuk lapisan perkerasan. Kerusakan ini disebabkan oleh kekuatan dan pencampuran lapisan pekerasan yang rendah dan jelek, komposisi agregat halus terlalu banyak dan penghamparan campuran aspal pada suhu yang terlalu rendah. Kerusakan jenis patah slip atau *slippage cracking* dapat dilkukan perbaikan dengan cara mengganti perkerasan lama dengan perkerasan yang baru. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* dari kerusakan patah slip.

Tabel 2. 34 Tingkat kerusakan retak patah slip (*slippage cracking*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Retak rata-rata lebar <10 mm.
M	Retak rata-rata 10-38 mm. Area di sekitar retakan pecah, kedalam pecahan-pecahan terikat.
H	Retak rata-rata >38 mm. Area di sekitar retakan, pecah kedalam pecahan-pecahan mudah terbongkar.



Gambar 2. 35 Patah slip



Gambar 2. 36 *Deduct value* patah slip

s. Mengembang jembul (*swell*)

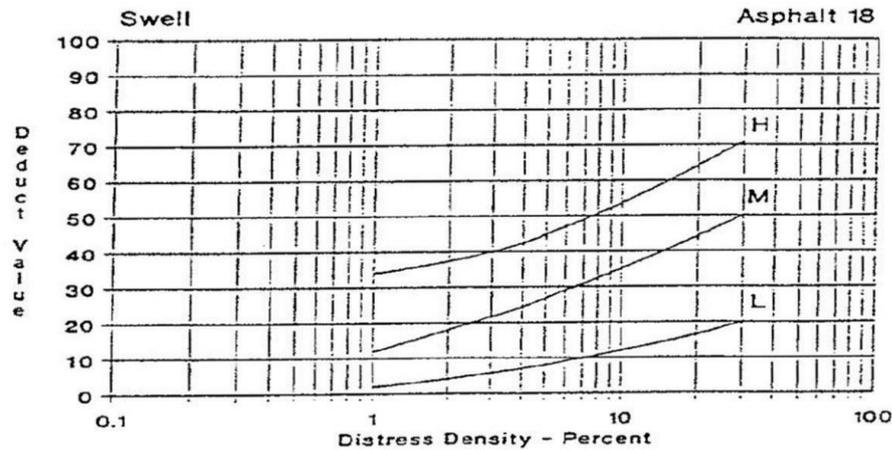
Ciri-ciri dari kerusakan ini adalah permukaan mengalami pengembangan atau jembul sepanjang lapisan perkerasan yang berangsur-angsur mengombak kira-kira sepanjang 10 kaki (10 m). mengembang jembul disertai dengan retakan lapisan perkerasan dan biasanya disebabkan oleh perubahan cuaca atau tanah yang menjembul ke atas. Berikut tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan mengembang jembul atau *swell*.

Tabel 2. 35 Tingkat kerusakan retak mengembang jembul (*swell*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat tapi dideteksi dengan berkendara cepat.
M	Perkerasan mengembang dengan adanya gelombang yang kecil.
H	Perkerasan mengembang dengana adanya gelombang besar.



Gambar 2. 37 Mengembang (Jembul)



Gambar 2. 38 *Deduct value* mengembang jembul (*swell*)

t. Pelepasan butiran

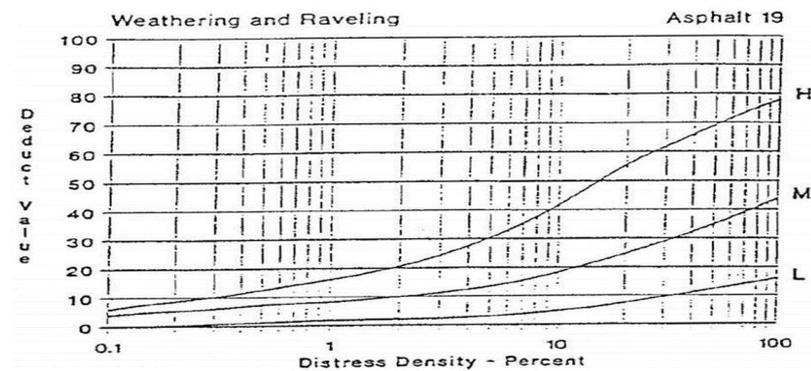
Pelepasan butiran disebabkan oleh lapisan perkerasan yang kehilangan aspal atau antar pengikat dan tercabutnya partikel-partikel agregat. Kerusakan ini menunjukkan salah satu pengikat tidak kuat untuk menahan gaya dorong roda kendaraan atau presentasi kualitas campuran jelek. Pelepasan butir dapat dikategorikan sebagai jalan yang rusak karena dapat menyebabkan para pengguna jalan mengalami kurang kenyamanan menggunakan jalan tersebut. Berikut adalah tabel tingkat kerusakan dan *deduct value* kerusakan pelepasan butir.

Tabel 2. 36 Tingkat kerusakan pelepasan butir (*weathering/ravelling*)
(Hardiyatmo,2017)

Tingkat kerusakan	Identifikasi kerusakan
L	Pelepasan butiran yang ditandai lapisan kelihatan agregat.
M	Pelepasan agregat dengan butiran-butiran yang lepas.
H	Pelepasan butiran dengan ditandai dengan agregat lepas dengan membentuk lubang-lubang kecil.



Gambar 2. 39 Pelepasan butir

Gambar 2. 40 *Deduct value* pelepasan butir

2.2.11. Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

a. Kerapatan

Kerapatan adalah persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang diukur dalam *feet* atau meter. Kerapatan kerusakan dapat diformulakan seperti dibawah ini.

$$Density = \frac{as}{ad} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana,

Ad = luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m^2)

As = luas total unit segmen (m^2)

b. Menentukan nilai *deduct value*

Setelah nilai kerapatan diperoleh, kemudian masing-masing jenis kerusakan di *plot*-kan ke grafik sesuai dengan tingkat kerusakannya.

- c. Menjumlah nilai (*Total Deduct Value, TDV*)

Total Desuct Value yang diperoleh pada suatu segmen jalan yang ditinjau dijumlah sehingga diperoleh *Total Deduct Value*.

- d. Mencari nilai q

Syarat untuk menentukan nilai q ditentukan oleh jumlah *deduct value* individual yang lebih besar dari 5 pada setiap segmen ruas jalan yang diteliti.

- e. Nilai *Corrected Deduct Value* (CDV)

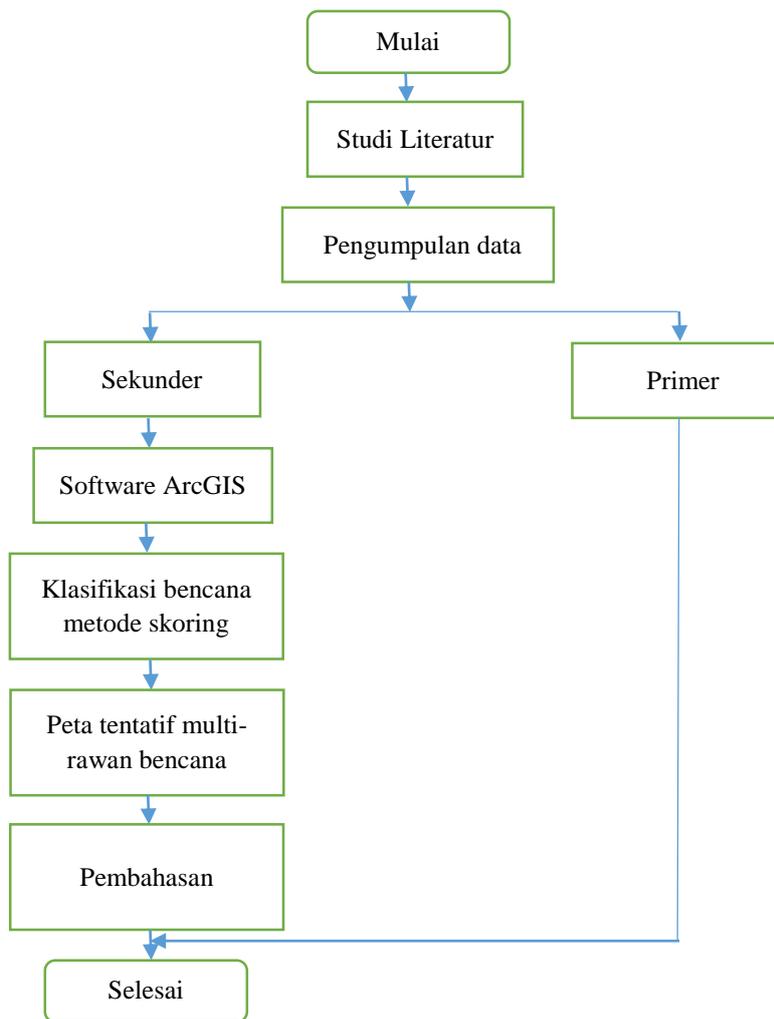
Nilai CDV dapat dicari setelah nilai q diketahui dengan cara menjumlah nilai *deduct value* selanjutnya mengplotkan jumlah *deduct value*.

BAB III

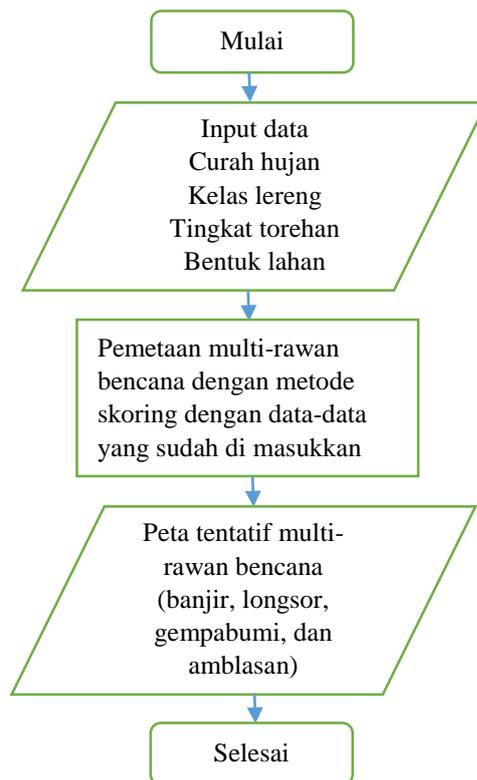
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir akan menjelaskan metode penelitian Pemetaan Multi-rawan Bencana Ruas Jalan Berbasis SIG beserta Identifikasi Kerusakan Menggunakan PCI.



Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian



Gambar 3. 2 Bagan alir pemetaan

1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder, data primer, dan peta rupa bumi. Data-data yang digunakan untuk analisis menggunakan *software ArcGIS*. Data primer digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi kerusakan pada ruas jalan. Data-data peta integrasi satu peta dengan peta lainnya agar menjadi satu. Peta pendukung juga digunakan untuk mendukung pengolahan data di *software ArcGIS* dapat dilihat pada bab IV.

2. *Landscape Analysis*

Pendekatan yang digunakan dengan faktor-faktor geomorfologi, sehingga memperoleh suatu daerah yang memiliki karakter yang sama berdasarkan pendekatan *landscape analysis*. Analisis ini memudahkan untuk diinterpretasikan dari data peta, citra satelit maupun foto udara.

3. Metode Skoring

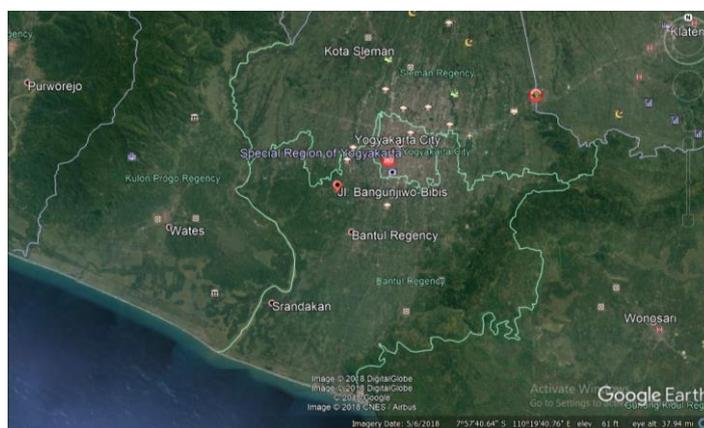
Metode skoring digunakan dengan alasan untuk menilai dari berbagai indeks sehingga didapatkan hasil berupa tingkat kerawanan dan peta kerawanan untuk tiap bencana yang ada pada suatu area.

4. Peta Tentatif

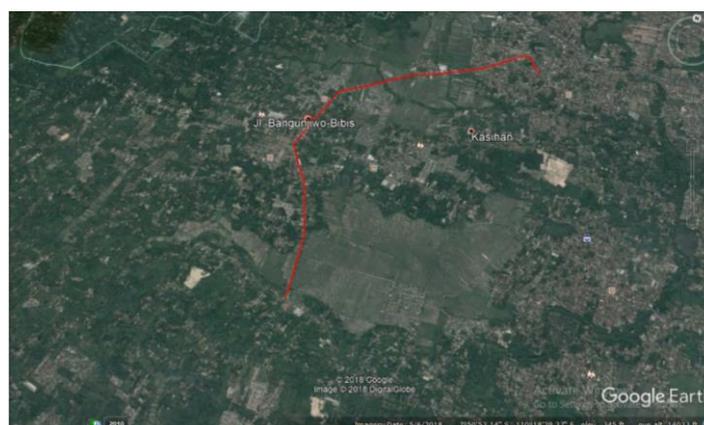
Peta tentatif kerawanan bencana dan multi rawan bencana adalah hasil dari penelitian berupa peta tentatif kerawanan yang dapat dilihat pada bab IV.

3.2. Lokasi Penelitian

Penulis mengambil studi kasus penelitian ini pada ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta sepanjang 4 Km. Pemilihan lokasi studi kasus disebabkan oleh jalan yang mengalami kerusakan yang beragam dan jalan tersebut merupakan jalan kolektor. Adapun detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, dan Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Lokasi penelitian Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul (*Google Earth, 2018*)



Gambar 3. 4 Ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bangunjiwo-Jalan Bibis, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (*Google Earth, 2018*)

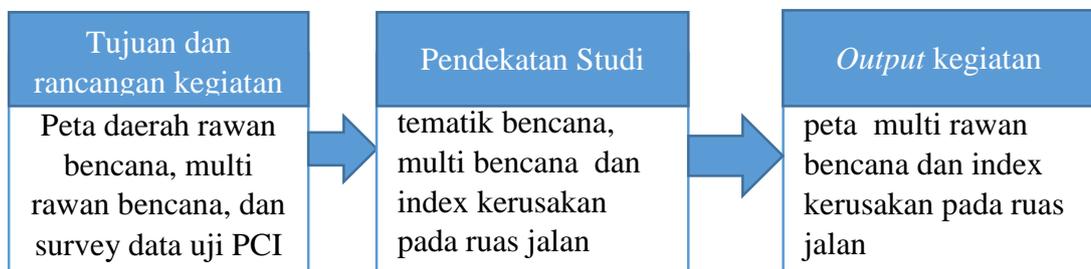


Gambar 3. 5 Kondisi Ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bangunjiwo-Jalan Bibis, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

3.3. Tahapan studi

Pendekatan studi yang dilakukan dengan metode kuantitatif di dalamnya meliputi peta kebencanaan, analisis multi-kebencanaan menggunakan data sekunder, peta rupa bumi, dan geologi serta data primer untuk identifikasi kerusakan pada ruas jalan.

Penelitian daerah rawan bencana alam ruas jalan mengkaji dan mengidentifikasi bencana alam yang sewaktu-waktu bisa terjadi dengan skala yang besar. *Output* akhir dari penelitian ini berupa penyusunan database, peta rawan bencana, multi bencana dan hasil index kerusakan jalan menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).



Gambar 3. 6 Pendekatan studi penelitian daerah rawan bencana alam

3.4. Variabel Kajian Penelitian

Penelitian ini mengidentifikasi bencana alam memiliki variabel atau faktor penentu yang berbeda-beda pada masing-masing bencana alam. Di bawah ini variabel-variabel yang digunakan untuk faktor-faktor pembandingan tiap bencana.

Tabel 3. 1 Faktor penentu identifikasi daerah rawan bencana pada ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis

Identifikasi kerawanan bencana alam	Variabel Penentu	Data	Sumber
Bencana Longsor	Kelas Lereng	Data DEMNAS	Badan Informasi Geospasial-Ina
		Geoportal (BIG)	Geoportal BIG
	Tingkat torehan	Data DEMNAS	Badan Informasi Geospasial (BIG)
		Geoportal (BIG)	Geoportal (BIG)
Bencana Banjir	Kelas Lereng	Data Peta Dasar Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000	Badan Informasi Geospasial-Ina
	Bentuk lahan	Data Hipsografi	Data Peta Dasar Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dan Badan Informasi Geospasial-Ina
	Curah hujan	Curah Hujan Bulanan	Bantul dalam angka Badan Pusat Statistik (BPS)
Bencana Amblasan	Kelas Lereng	Data DEMNAS	Badan Informasi Geospasial
	Tata Guna Lahan	Peta Tata Guna Lahan	
	Torehan		
Bencana Gempabumi	Gerakan Tanah	Litologi dan struktur geologi	BNPB Kabupaten Bantul

3.5 Pemetaan Multi-rawan

Metode yang digunakan adalah pendekatan dengan cara bentanglahan (*landscape analysis*). *Landscape analysis* adalah bentangan permukaan bumi yang mencakup bentuk lahan, tanah, vegetasi, dan atribut lainnya yang dipengaruhi oleh

aktivitas manusia (Vink, 1983). Analisis bentanglahan dapat diterapkan untuk kepentingan penilaian kemampuan lahan. Pemahaman yang menyeluruh mengenai kondisi relief akan membawa kepada suatu pemahaman mengenai asal muasal bahan induk tanah yang sangat menentukan potensi kesuburan.

Zonasi satuan-satuan bentuklahan yang pada awalnya berbasis pada pengamatan visual terhadap relief permukaan bumi dapat terjemahkan ke dalam berbagai parameter penentu kemampuan lahan. Zonasi satuan-satuan bentuklahan merupakan zonasi potensi lahan sekaligus zonasi ancaman bencana.

Pendekatan bentangalam adalah metode analisis yang sesuai dan logis untuk dijadikan sebagai acuan dalam melakukan multi-rawan. Pendekatan bentanglahan memiliki beberapa keuntungan hanya membutuhkan sedikit parameter dalam menganalisisnya, dan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk analisis bentanglahan dapat diperoleh dari peta topografi atau data DEM (*Digital Elevation Model*) (Ros and Borga, 1997; Yao *et al.*, 2014).

Dalam penelitian ini menggunakan parameter-parameter yang mengacu sebagaimana yang sudah dijelaskan pada bab II.

3.6. PCI (*Pavement Condition Index*)

PCI (*Pavement Condition Index*) adalah tingkatan dari kondisi permukaan perkerasan dan ukuran yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan dipermukaan perkerasan yang terjadi. PCI merupakan indeks numeric yang nilainya berkisar diantara 0-100. data yang digunakan adalah data primer berupa geometri jalan dan data yang lainnya yang dimana sudah dijelaskan pada bab II.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Database kebencanaan

Database kebencanaan jalan Bibis Raya-Jalan Bibis adalah kumpulan data yang telah diolah dan disusun dengan ketentuan atau aturan tertentu yang saling menghubungkan sehingga memudahkan penggunaannya untuk memperoleh informasi. Database sifatnya sangat membantu dalam mengakses data.

Identifikasi daerah rawan bencana pada Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis dihasilkan dalam bentuk database yang berisi informasi tentang kebencanaan informasi yang ada pada database adalah kondisi wilayah penelitian dan database berisi data potensi bencana yang ada pada Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis Kabupaten Bantul. Informasi utama dalam database didapatkan dari analisa yang dilakukan sehingga menghasilkan data yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis. Berikut disajikan dalam tabel 4.1 hasil databasenya.

Tabel 4 1 Informasi utama identifikasi database Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis Kabupaten Bantul (Analisis, 2019)

No	Informasi Utama	Database
1	Lokasi penelitian	Koordinat, stasiun, status jalan
2	Karakteristik lokasi penelitian	Bentuk lahan, kelerengan, Tata guna lahan, geometri jalan
3	Kompilasi data bencana	a. Kerawanan 4 jenis bencana (longsor, banjir, gempa bumi dan amblasan b. Multi-rawan bencana

Database yang telah dibuat ditampilkan dalam bentuk spasial berupa hasil-hasil dari identifikasi kerawanan bencana, dan multi-rawan bencana adalah hasil dari studi kualitatif dengan pendekatan-pendekatan *landscape analysis* yang dilakukan

untuk penyusunan database agar memudahkan dalam mengidentifikasi dan menganalisis data sekunder yang sudah didapatkan.

4.2. Mengidentifikasi dan Menghitung Tingkat Kerawanan Bencana

Dalam hal ini dijelaskan hasil-hasil penelitian identifikasi dan pengkelasan tingkat tiap-tiap kerawanan bencana yang merupakan hasil dari analisis kualitatif. Untuk analisis tingkat kerawanan suatu wilayah dari masing-masing jenis bencana dan multi-rawan bencana didasarkan atas metode skoring dan pembobotan.

Metode skoring dilakukan untuk menilai tingkatan bahaya yang mungkin dapat menimbulkan pada tiap-tiap parameter potensi bencana, sedangkan pembobotan dilakukan untuk menilai parameter yang lebih berpengaruh dari parameter lainnya. Pembobotan dilakukan untuk mengutamakan jenis bencana tertentu yang lebih berpotensi mengakibatkan gangguan terhadap aktivitas lalu lintas, dalam penelitian ini dititik beratkan pada bencana banjir dan amblasan. Hal tersebut diakibatkan karena banyaknya kejadian amblasan dan kejadian histori bencana banjir. Amblasan pada jalan mengganggu aktivitas lalu lintas pada ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis. Dalam hal ini juga dilakukan identifikasi terhadap bentuk lahan sebagai salah satu parameter masing-masing kerawanan bencana.

Tabel 4. 1 Hasil identifikasi bentuk lahan menggunakan *software ArcGIS 10.2* (Analisis, 2019)

No	Nama Bentuk lahan
1	Dataran Aluvial
2	Perbukitan Struktural
3	Perbukitan Struktural

Setelah didapatkan identifikasi bentuk lahan kemudian pengidentifikasian rupa bumi dari daerah tersebut. Berikut tersaji pada tabel 4.3

Tabel 4. 2 Hasil identifikasi rupa bumi Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis (Analisis, 2019)

No	Morfologi (rupa bumi)
1	Datar
2	Perbukitan
3	Bergelombang

Setelah parameter-parameter dasar didapatkan kemudian untuk tiap-tiap kerawanan bencana menggunakan parameter-parameter pendukung yang sudah ditentukan

1. Kerawanan Banjir

Banjir merupakan suatu peristiwa dimana aliran air mengalami peluapan yang dapat merendam daratan, jalan raya, jalur kereta api dan lainnya. Oleh karena itu, penilaian kerawanan bencana banjir menggunakan parameter kelas lereng, bentuk lahan, tingkat torehan dan curah hujan bulanan pada daerah tersebut. Parameter-parameter tersebut diambil karena faktor-faktor yang dapat menyebabkan bencana tersebut. Berikut adalah dapat dijelaskan pada tabel 4.4.

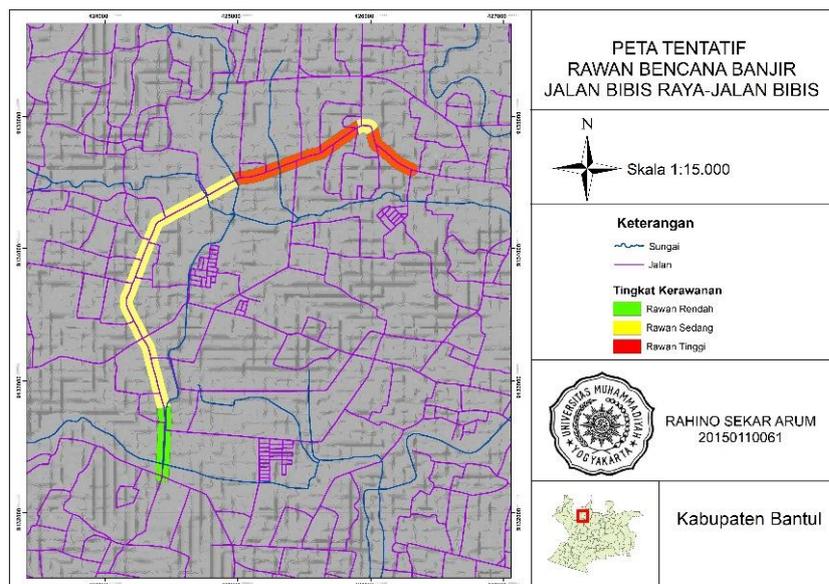
Tabel 4. 3 Hasil skoring kemiringan lereng (Analisis, 2019)

No	Kemiringan lereng (%)	Morfologi	Skoring kemiringan lereng
1	0-8	Datar	3
2	15-25	Landai	1
3	15-25	Landai	1
4	15-25	Landai	1

Seperti parameter kemiringan lereng pada tabel 3.6, pada kelas kelerengan didominasi oleh kelas lereng 15-25 % dan termasuk dalam kategori landai secara morfologi. Kemudian yang kedua adalah parameter bentuk lahan. Berikut akan dijelaskan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Hasil skoring bentuk lahan (Analisis, 2019)

No	Bentuk lahan	Skoring
1	Dataran Aluvial	3
2	Perbukitan Sruktural	1
3	Perbukitan Struktural	1



Gambar 4. 2 Hasil pemetaan kerawanan bencana banjir

Setelah dianalisis dengan menggunakan metode skoring tingkat kerawanan banjir pada Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis memiliki kerawanan bencana yang beragam. Jalan yang berwarna merah menandakan rawan tinggi terhadap bencana banjir, jalan yang berwarna kuning menandakan rawan sedang, sedangkan yang berwarna hijau menandakan kerawanan rawan rendah terhadap bencana banjir. Berdasarkan analisis, disepanjang Jalan Bibis Raya-Bibis mengalami tingkat kerawanan banjir yang tinggi, tetapi dilihat dari tata guna lahan terdapat banyak area persawahan, sehingga jalan yang terdapat area persawahannya tingkat kerawanan diturunkan.

2. Kerawanan Longsor

Longsor adalah suatu peristiwa dimana tanah mengalami pergeseran atau meurunnya tanah, batu-batuan pada lereng secara gravitasi. Longsor biasa terjadi pada daerah yang memiliki elevasi yang relative tinggi (pegunungan). Oleh sebab itu, penilaian kerawanan becana longsor ini terdapat beberapa variabel diantaranya bentuk lahan, kemiringan lereng, dan kelas torehan. Tingkat torehan adalah kerapatan batuan yang mudah mengalami longsor atau materialnya mudah lepas. Berikut adalah Tabel 4.7 hasil skoring tingkat torehan dengan *software ArcGIS* 10.2.

Tabel 4. 6. Hasil skoring tingkat torehan kerawanan bencana longsor (Analisis, 2019)

No	Tingkat torehan	Skoring tingkat torehan
1	Datar	1
2	Bergelombang	2
3	Perbukitan	3

Setelah dilakukan penilaian terhadap kelas torehan, variabel berikutnya adalah kelas lereng sebagai salah satu variabel penentu untuk kerawanan bencana longsor. Kelas kelerengan menggunakan data DEMNAS dengan ketelitian 7 meter. Berikut adalah tabel 4.8 yang menjelaskan tingkat kelas kelerengan

Tabel 4. 7. Hasil skoring kemiringan lereng (Analisis, 2019)

No	Kemiringan lereng (%)	Morfologi	Skoring kemiringan lereng
1	0-8	Datar	3
2	15-25	Landai	1
3	15-25	Landai	1
4	15-25	Landai	1

Berdasarkan hasil skoring kemiringan lereng daerah penelitian terdapat pada kemiringan lereng 15-25% atau termasuk dalam kelas landai. Setelah itu, penilaian kerawanan bencana longsor masing-masing variabel dijumlahkan sehingga didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini

Tabel 4. 8 Hasil skoring kerawanan bencana longsor (*landslide*) Analisis, 2019)

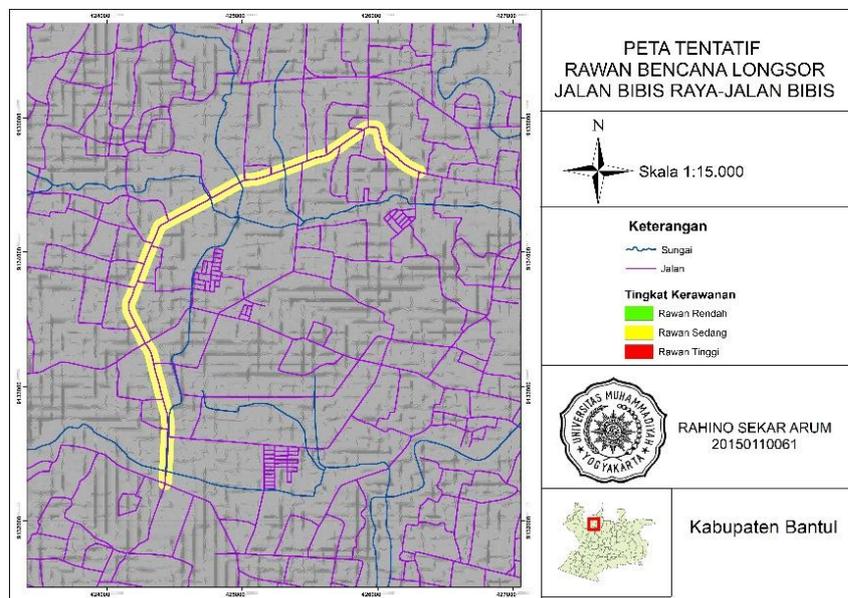
No	Jumlah skoring kelas lereng dan tingkat torehan	Kelas kerawanan longsor	Skoring kerawanan bencana longsor
1	4	Rawan Sedang	2

Tabel 4. 9 Hasil skoring kerawanan bencana longsor (Analisis, 2019) (lanjutan)

No	Jumlah skoring kelas lereng dan tingkat torehan	Kelas kerawanan longsor	Skoring kerawanan bencana longsor
2	6	Rawan Tinggi	3

Tabel 4. 10 Hasil skoring kerawanan bencana longsor (Analisis, 2019) (lanjutan)

No	Jumlah skoring kelas lereng dan tingkat torehan	Kelas kerawanan longsor	Skoring kerawanan bencana longsor
3	2	Rawan Rendah	1
4	3	Rawan Sedang	2
5	4	Rawan Sedang	2
6	2	Rawan Sedang	2
7	4	Rawan Sedang	2



Gambar 4. 3 Hasil pemetaan kerawanan bencana longsor

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh menggunakan metode skoring kerawanan bencana longsor Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis Kabupaten Bantul berada pada rawan sedang.

3. Kerawanan Amblasan

Amblasan adalah peristiwa dimana permukaan tanah pada jalan atau jalur rel kereta mengalami penurunan elevasi. Oleh sebab itu, parameter yang digunakan untuk menentukan daerah kerawanan bencana amblasan adalah kelas lereng, bentuk lahan, tata guna lahan dan tingkat torehan. Berikut adalah tabel 4.10 yang menjelaskannya.

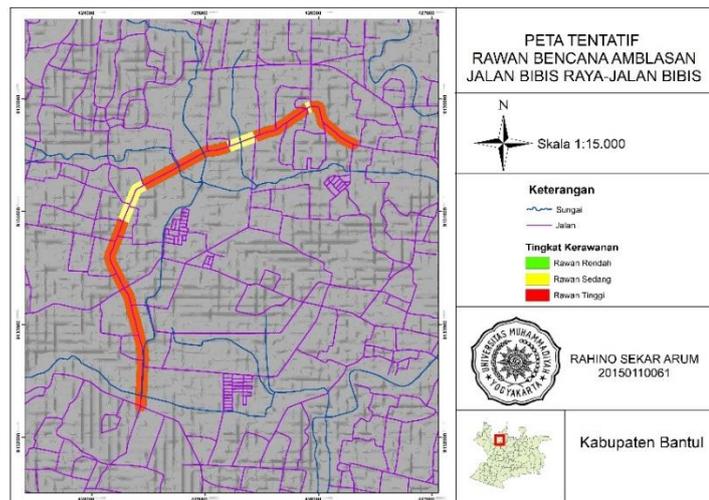
Tabel 4. 11 Hasil skoring penggunaan lahan (Analisis, 2019)

No	Bentuk lahan	Penggunaan Lahan	Skoring Penggunaan lahan
1	Dataran Aluvial	Gedung, pemukiman, sungai, sawah, perkebunan	3
2	Perbukitan Struktural	Gedung, pemukiman, sungai, sawah, perkebunan	3
3	Perbukitan Struktural	Gedung, pemukiman, sungai, sawah, perkebunan	3

Tabel 4. 12 Hasil skoring bentuk lahan (Analisis, 2019)

No	Bentuk lahan	Skoring
1	Dataran Aluvial	3
2	Perbukitan Struktural	1
3	Perbukitan Struktural	1

Setelah dilakukan analisis maka kerawanan amblasan dapat dipetakan seperti gambar di bawah ini.

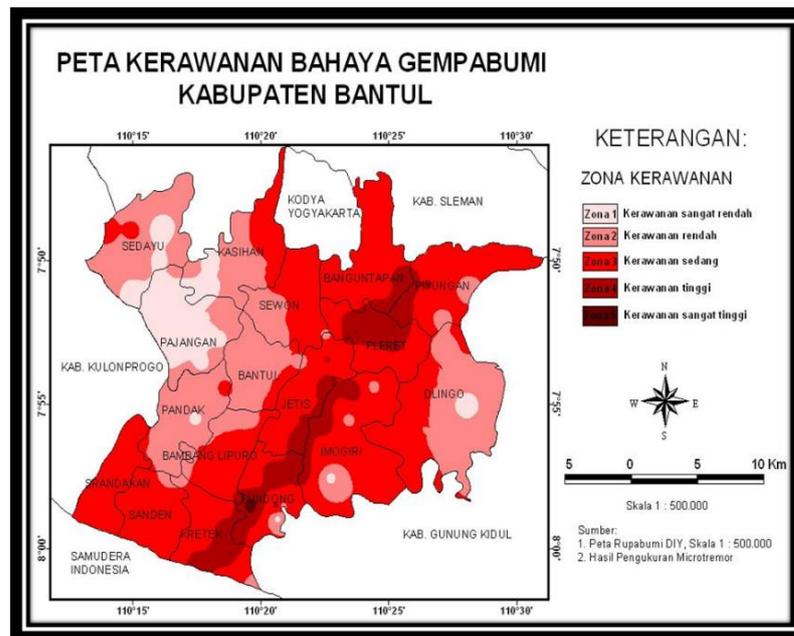


Gambar 4. 4 Hasil pemetaan kerawanan bencana amblasan

Setelah dilakukan analisis didapatkan hasil pemetaan kerawanan bencana amblasan didapatkan hasil yang berwarna kuning menandakan bahwa tingkat kerawanan rawan amblasan adalah rawan sedang dan yang berwarna merah menandakan bahwa tingkat kerawanan rawan amblasan adalah rawan tinggi.

4. Kerawanan Gempabumi

Gempa bumi adalah suatu peristiwa dimana bumi mengalami getaran akibat energi yang berada di perut bumi mengalami pelepasan secara tiba-tiba yang. Untuk menganalisis bencana gempa bumi dilakukan zonasi yang bersumber dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Bantul. Berikut adalah gambar 4.3 Peta kerawanan gempa bumi Kabupaten Bantul.



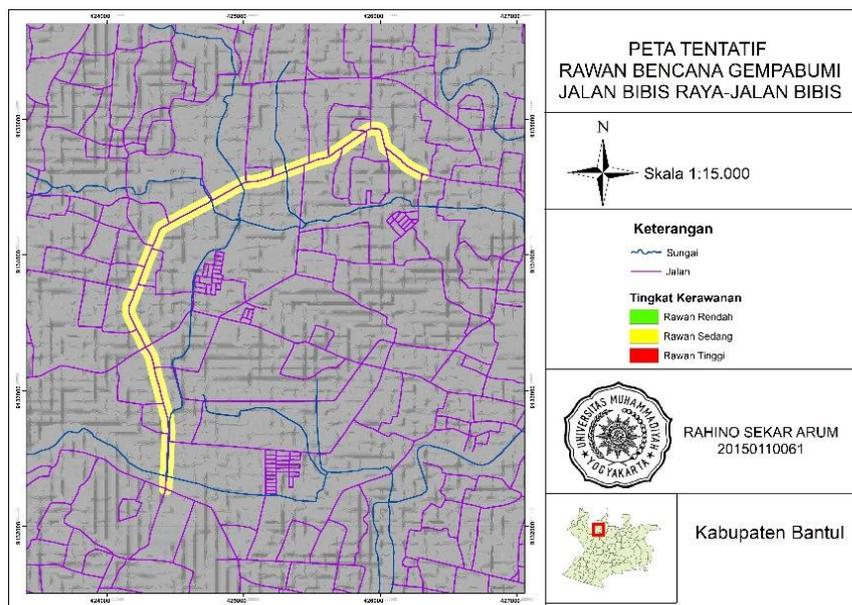
Gambar 4. 5 Peta kerawanan bencana gempa bumi

Kerawanan bencana gempa bumi diidentifikasi dengan melakukan *superimpose* yang mana dapat diketahui bahwa daerah tersebut masuk daerah rawan bencana tinggi, sedang dan rendah. Gempabumi sulit untuk diprediksi karena datangnya tiba-tiba. Tetapi dapat diketahui ciri-ciri akan datangnya bencana gempabumi. Kekuatan dari gempabumi dapat diukur menggunakan *Seismometer*. Skala yang paling umum digunakan adalah skala *Richter*. Berikut adalah tabel 4.12 hasil skoring daerah kerawanan bencana gempa bumi.

Tabel 4. 13 Hasil skoring daerah kerawanan bencana gempa bumi (Analisis, 2019)

No	Bentuk lahan	Kawasan kerawanan gempa bumi	Skoring Penggunaan lahan
1	Dataran Aluvial	Kawasan sedang	2
2	Perbukitan Struktural	Kawasan Sedang	2
3	Perbukitan Struktural	Kawasan Sedang	2

5. Peta Tentatif Multi-rawan bencana

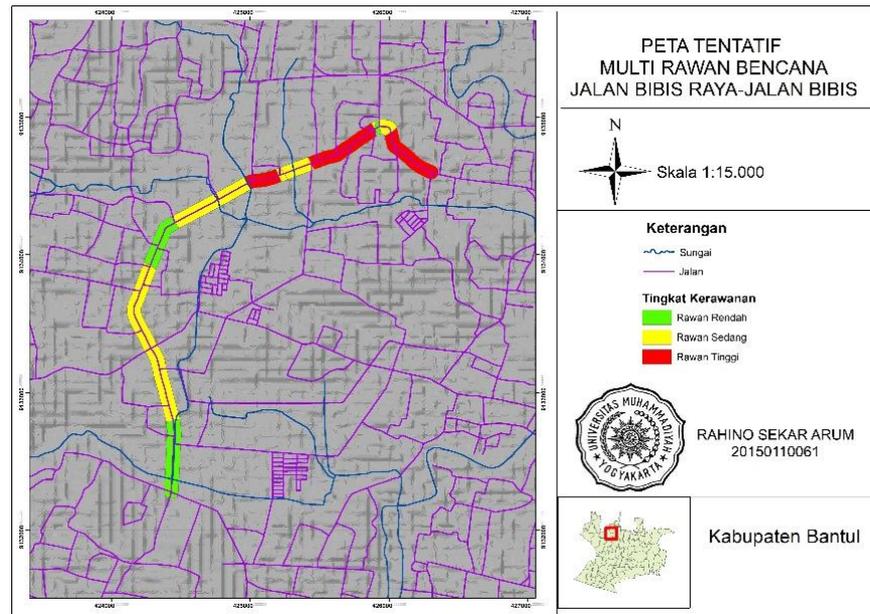


Gambar 4. 6 Peta kerawanan bencana gempa bumi

Dari hasil analisis didapatkan bahwa Jalan Bibis Raya-Jalan bibis berada pada kawasan rawan dengan tingkat kerawanan rawan sedang.

5. Peta Tentatif kerawanan bencana

Peta Multi-rawan adalah gabungan dari peta kerawanan bencana banjir, kerawanan bencana longsor, kerawanan bencana gempabumi dan kerawanan bencana amblasan yang sudah dianalisis sebelumnya. Peta multi rawan akan menampilkan daerah mana saja yang terkena lebih dari satu bencana. Tingkat multirawan didapatkan dari penjumlahan skor kerawanan bencana banjir, kerawanan bencana longsor, kerawanan bencana gempabumi dan kerawanan bencana amblasan. Dari pejumlahan yang dilakukan didominasi oleh tingkat kerawanan tinggi dan tingkat kerawanan sedang. Perbedaan peta tentatif dengan peta tematik adalah peta tentatif masih dalam bentuk peta sementara sewaktu-waktu dapat berubah sesuai dengan keadaan lapangan sedangkan peta tematik adalah peta yang berinformasikan khusus, peta tematik menampilkan tampilan tertentu yang disesuaikan dengan tema. Berikut adalah Gambar 4.7 peta tentatif multi-rawan Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis.



Gambar 4. 7 Peta tentatif multi-rawan bencana

4.3. Menganalisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI

PCI (*Pavement Condition Index*) adalah sebuah metode pengujian kerusakan jalan yang dinyatakan dalam angka 0-100 yang mana sudah dijelaskan pada bab II. Pada pemetaan diketahui jalan yang rawan terhadap bencana adalah bencana banjir pada STA 6+620 – STA 8+020. Pengujian metode PCI dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kerusakan jalan yang dinyatakan dalam skala sempurna, sangat baik, baik, sedang, buruk, sangat buruk dan gagal. Berikut adalah tabel 4.13 hasil pengujian metode PCI sepanjang 1,5 km.

4.3.1. Menghitung Kondisi Perkerasan dengan Metode PCI

a. Menghitung luas total tiap kerusakan

STA 6+620 – 6+720 adalah contoh untuk menghitung salah satu segmen pada jalan yang rusak.

- 1) Retak kulit buaya (M) = 0,5 m²
- 2) Cekungan (M) = 0,64 m²
- 3) Aus agregat (L) = 117 m²
- 4) Retak pinggir (M) = 13 m²

b. Menghitung kerapatan (*density*)

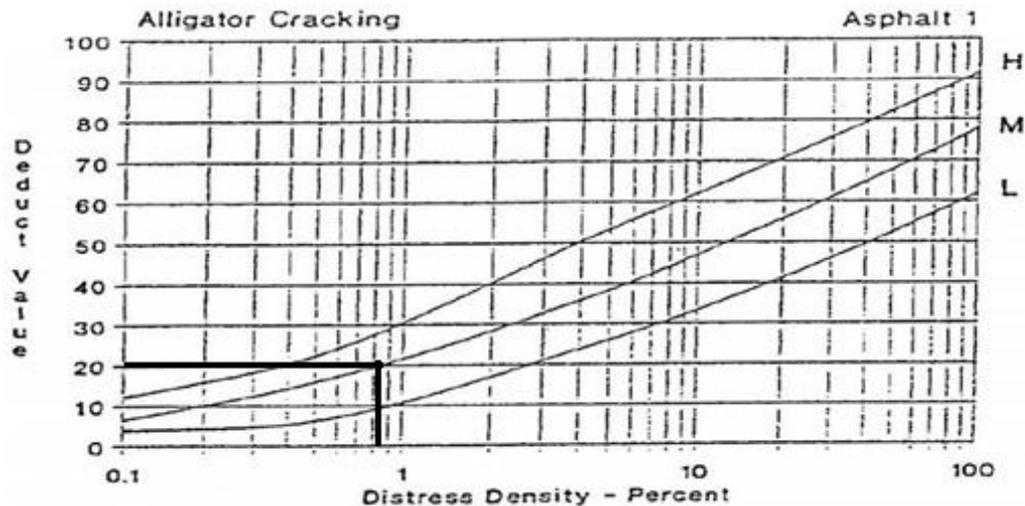
Untuk menghitung nilai kerapatan menggunakan rumus 2.1

- 1) Retak kulit buaya (M) $= \frac{0,5}{6 \times 100} \times 100\%$
 $= 0,83$
- 2) Cekungan (M) $= \frac{0,64}{6 \times 100} \times 100\%$
 $= 0,11$
- 3) Aus agregat (L) $= \frac{117}{6 \times 100} \times 100\%$
 $= 19,5$
- 4) Retak pinggir $= \frac{13}{6 \times 100} \times 100\%$
 $= 2,167$

c. Mencari *Deduct Value* (DV), nilai DV didapatkan dari grafik masing-masing jenis kerusakan jalan dengan cara memasukkan nilai kerapatan lalu menarik garis secara vertikal sampai menyentuh tingkat kerusakan, kemudian menarik garis horizontal sehingga didapatkan nilai DV.

- 1) Retak kulit buaya

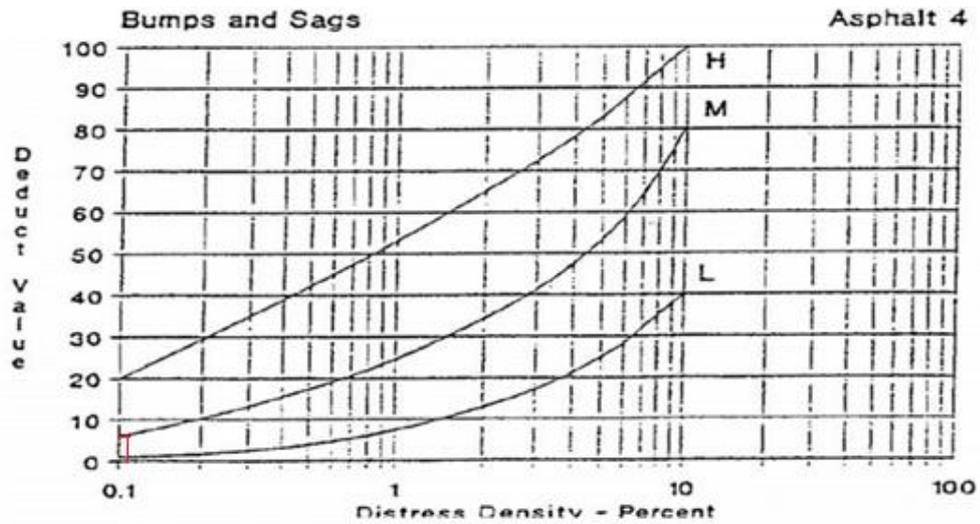
Kerusakan retak kulit buaya memiliki nilai *density* sebesar 0,83% dan nilai DV sebesar 20.



Gambar 4.8 Mencari nilai *deduct value* retak kulit buaya

- 2) Cekungan (M)

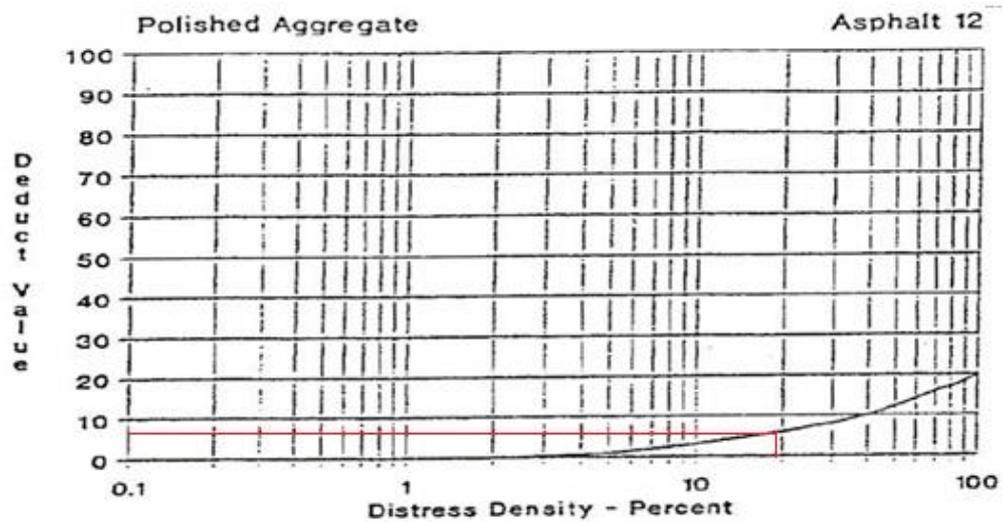
Kerusakan cekungan memiliki nilai *density* sebesar 0,11% dan nilai DV sebesar 8.



Gambar 4.9 Mencari nilai *deduct value* cekungan

3) Pengausan agregat (L)

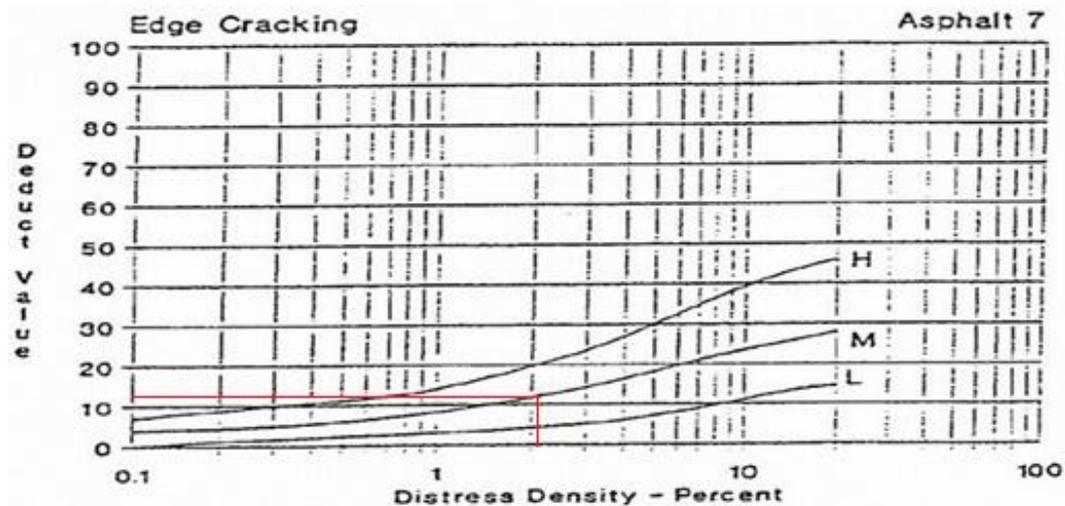
Pengausan agregat memiliki nilai *density* sebesar 19,5% dan nilai DV sebesar 7.



Gambar 4. 10 Mencari nilai *deduct value* pengausan agregat

4) Retak pinggir (M)

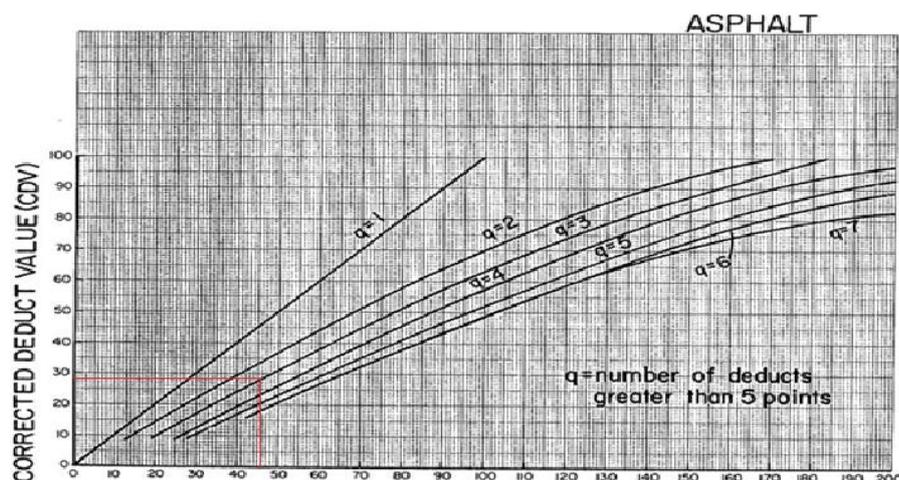
Retak pinggir memiliki nilai *density* sebesar 2,17% dan nilai DV sebesar 11.



Gambar 4.11 Mencari nilai *deduct value* retak pinggir

d. Mencari nilai *correct deduct value* (CDV), Nilai CDV didapatkan dari grafik dengan menarik nilai DV lalu menarik garis vertikal hingga menyentuh nilai q kemudian ditarik garis horizontal. Nilai q diperoleh dari jumlah banyaknya DV yang lebih dari 5. Segmen yang digunakan pada ini pada STA 6+620 – 6+720 yang memiliki 4 jenis kerusakan yaitu retak kulit buaya, cekungan, pengausan agregat dan retak pinggir.

STA	DV	TDV	Q	CDV	PCI
6+620-6+720	20 8 7 11	46	4	29	71



Gambar 4. 12 Mencari nilai CDV

e. Menghitung nilai kondisi perkerasa, nilai kondisi perkerasan dapat diketahui dengan cara 100 dikurangi dengan nilai CDV. Perhitungan ini menggunakan rumus 2.2 seperti dibawah ini

$$\begin{aligned} \text{PCIs} &= 100 - \text{CDV} \\ &= 100 - 29 \\ &= 71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PCIs} &= \frac{\sum \text{PCIs}}{N} \\ &= \frac{1060}{15} \\ &= 70,6 \end{aligned}$$

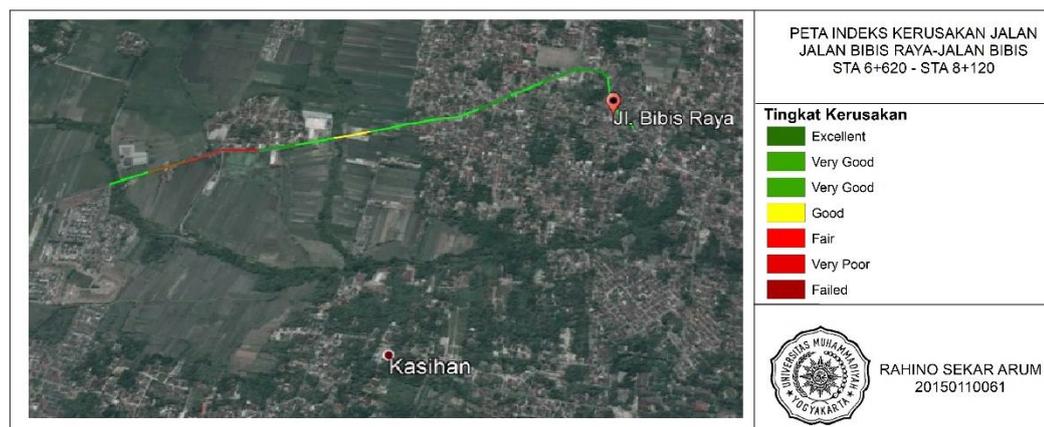
Tabel 4. 14 hasil analisis pengujian kerusakan jalan dengan metode PCI (Analisis, 2019)

No	Stasiun	CDV maks	100-CDV	PCI
1	6+620-6+720	29	71	Very Good
2	6+720-6+820	0	100	Excellent
3	6+820-6+920	7	93	Excellent
4	6+920-7+020	21	79	Very Good
5	7+020-7+120	10	90	Excellent
6	7+120-7+220	17	83	Very Good
7	7+220-7+320	18	82	Very Good
8	7+320-7+420	24	76	Very Good
9	7+420-7+520	48	52	Good
10	7+520-7+620	26	74	Very Good
11	7+620-7+720	0	100	Excellent
12	7+720-7+820	55	45	Fair
13	7+820-7+920	79	21	Very Poor

Tabel 4. 15 hasil analisis pengujian kerusakan jalan dengan metode PCI (Analisis, 2019)

No	Stasiun	CDV maks	100-CDV	PCI
14	7+920-8+020	90	10	Failed
15	8+020-8+120	16	84	Very Good
Total			1064	
			70,6	

Setelah dilakukan analisis kerusakan jalan menggunakan metode PCI STA 6+620 – STA+8+120 berada pada angka 70,6 yang menandakan bahwa jalan tersebut adalah *very good* atau sangat baik. Dibawah ini adalah gambar titik kerusakan jalan beserta tingkat kerusakannya.



Gambar 4. 13 Peta tingkat kerusakan jalan dengan metode PCI

Peta kerusakan jalan menggambarkan kondisi jalan pada saat ini. Pada gambar tersebut tertera segmen berwarna merah menandakan bahwa jalan tersebut mengalami kerusakan yang parah karena tambakan-tambalan yang sangat besar, segmen yang berwarna kuning menandakan jalan tersebut cukup bagus dan segmen yang berwarna hijau menandakan jalan sangat bagus tanpa ada kerusakan.

Kekurangan dari metode PCI ini adalah semakin panjang tiap segmen maka ketelitiannya semakin menurun, begitu pula sebaliknya semakin pendek tiap segmen maka pengujian kerusakan metode PCI semakin teliti. Metode PCI juga

tidak bisa memperkirakan atau memberikan gambaran prediksi kerusakan dimasa yang akan datang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Menurut hasil analisis data yang sudah dilakukan dengan Sistem Informasi Geografis dapat disimpulkan:

1. Pada Jalan Bibis-Jalan Bibis Raya terdapat empat jenis kerawanan bencana yaitu longsor, banjir, gempa bumi, dan amblasan.

2. Tingkat kerawanan dan klasifikasi bencana

a. Bencana banjir

Bencana banjir memiliki tingkat kerawanan yang beragam dari tingkat yang tinggi, sedang dan rendah pada ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis sepanjang empat kilometer.

b. Bencana longsor

Bencana longsor memiliki tingkat kerawanan sedang di ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis sepanjang empat kilometer

c. Bencana gempa bumi

Bencana gempa bumi memiliki tingkat kerawanan sedang di ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis sepanjang 4 kilometer.

d. Bencana amblasan

Bencana amblasan memiliki tingkat kerawanan yang beragam dari tingkat yang tinggi, sedang hingga rendah pada ruas Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis sepanjang 4 kilometer.

3. Tingkat Kerusakan Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis

Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis memiliki tingkat kerusakan yang beragam tiap 100 segmen sepanjang 1,5 kilometer, dapat disimpulkan bahwa jalan Jalan Bibis Raya-Jalan Bibis berada pada tingkatan yang sangat baik atau *very good*.

5.2. Saran

Data yang digunakan pada proses pembuatan peta diperlukan validasi data agar memiliki akurasi yang tepat. Validasi yang dilakukan adalah menggabungkan antara peta tentatif dengan kejadian historis pada jalan tersebut. Untuk tingkat kerusakan jalan diperlukan ketelitian untuk mengukur luas atau panjang kerusakan

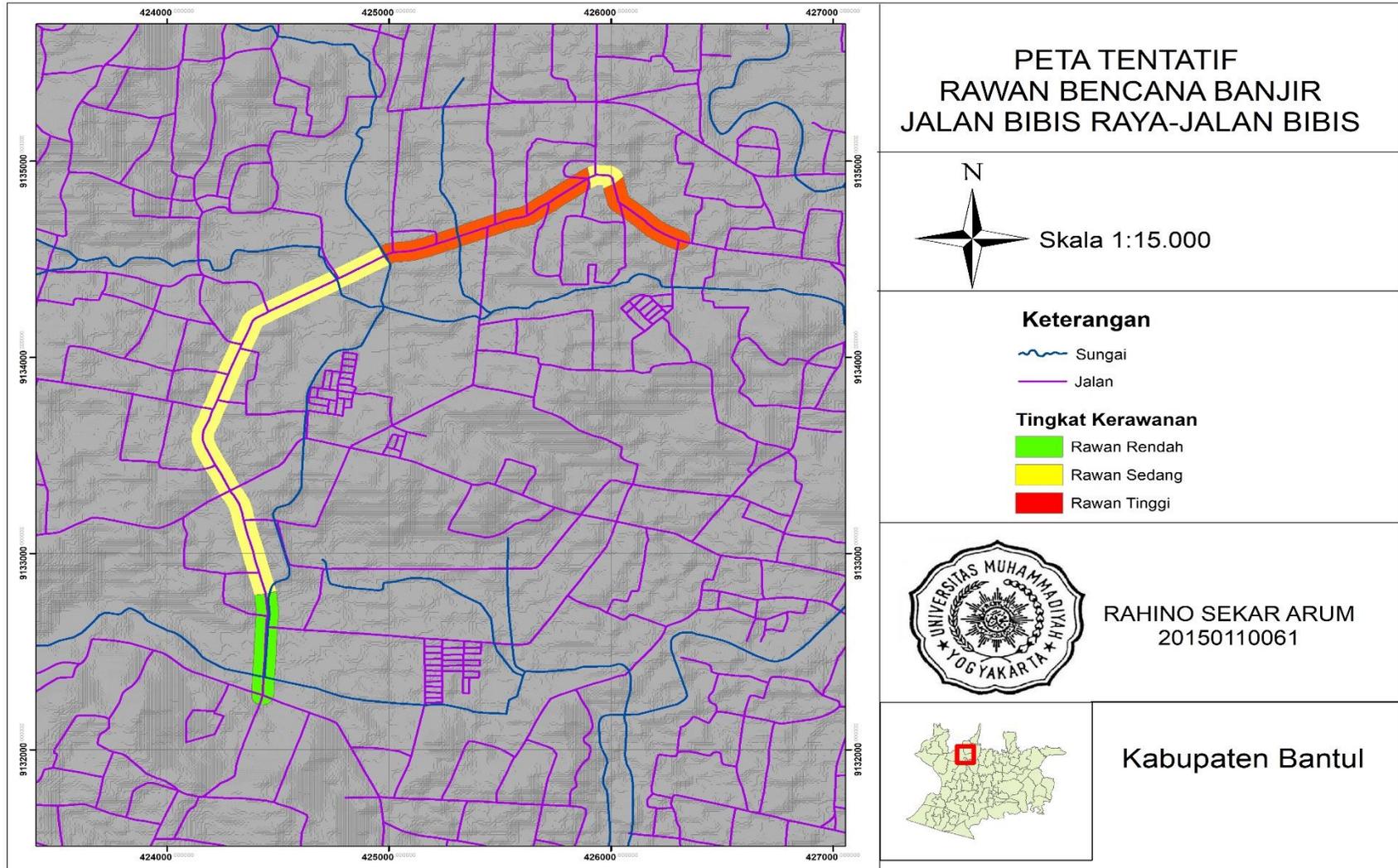
yang ada pada ruas jalan dan segmen yang dibuat seharusnya jarak yang pendek sehingga data yang didapatkan lebih akurat ketelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

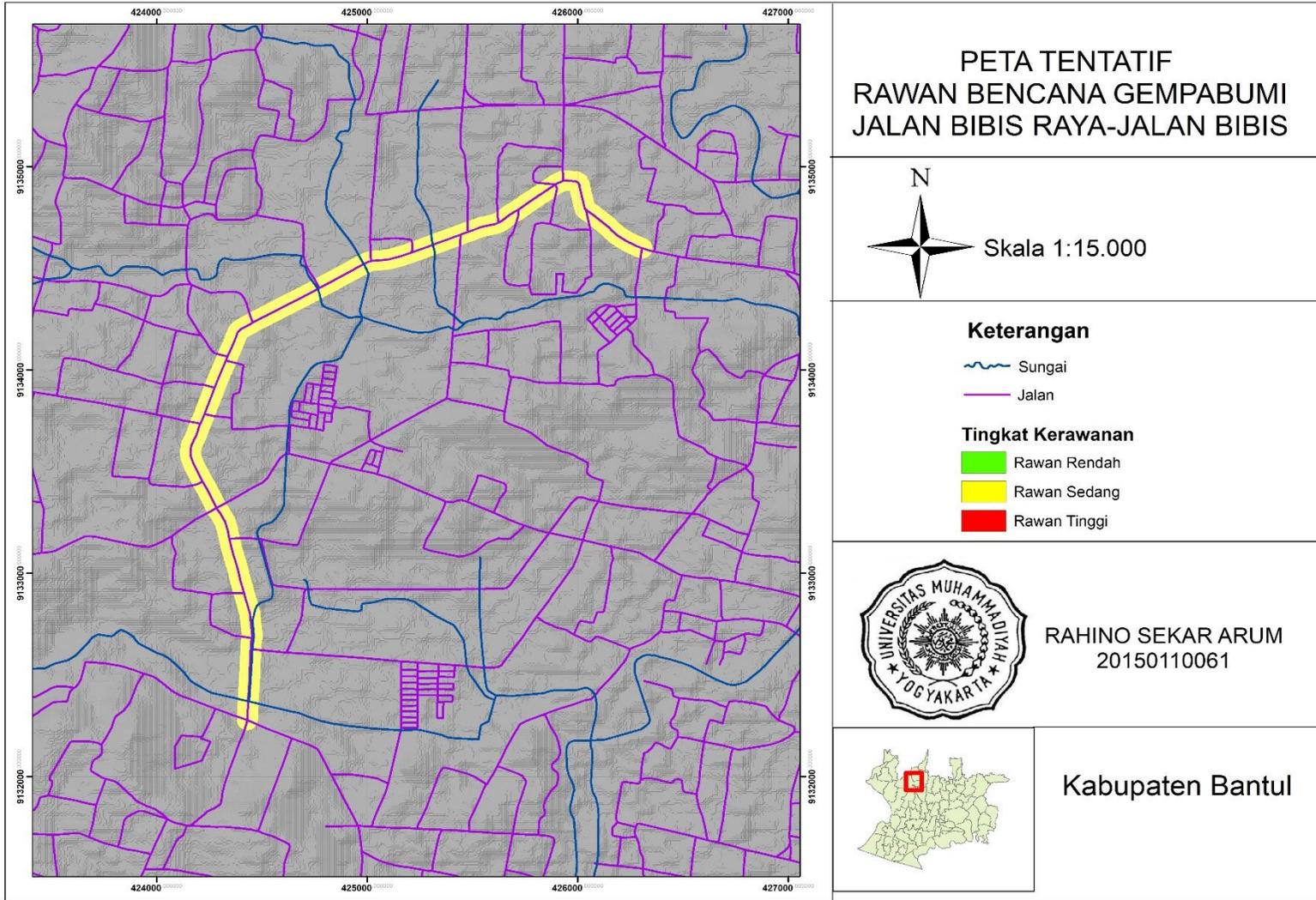
- Antoro, J. B., Djakfar, L., & Wicaksono, A. 2016. *Penentuan Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten Di Wilayah Perkotaan Tanjung Redeb, Kabupaten Berau. Rekayasa Sipil, 10(1), 1–9.*
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, UU No 24 Tahun 2007, *Tentang Penanggulangan Bencana.*
- Bintari, Lavina N., 2018. *Pemetaan Multi Rawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografis.* Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Blachowski, J. 2016. *Application of GIS spatial regression methods in assessment of land subsidence in complicated mining conditions: case study of the Walbrzych coal mine (SW Poland).* *Natural Hazards, 84(2), 997–1014.*
- Kavzoglu, T., Sahin, E. K., & Colkesen, I. 2014. *Landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression.* *Landslides.*
- Kwaku, A., Thiel, M., Danumah, J. H., Kouame, F. K., Szarzynski, J., Akpa, L. Y., ... Odai, S. N. (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters, 3(1).*
- Martono, Tantro S., 2018. *Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI.* Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Maulana, E dan Wulan, T. . (2015). Pemetaan Multi-Rawan Kabupaten Malang Bagian Selatan Dengan Menggunakan Pendekatan Bentangalam. *PUSPICS Fakultas Geografi UGM, (November), 526–534*
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Nomor 02 Tahun 2012, *Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.*
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Nomor 4 Tahun 2008, *Tentang Pedoman Penyusunan Penanggulangan Bencana.*
- Peraturan Pemerintah.2006. *Peraturan Pemerintah Tentang Jalan.* Jakarta: Sekretariat Negara
- Prahasta, E., 2015 *Tutorial ArcGIS Untuk Bidang Geodesi Dan Geomatika.* Bandung: Informatika Bandung
- Pratama, Aviyanto, D., Setyawan, A., & Suryoto. (2017). Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Metode Falling Weight Deflectometer (FWD) (Studi Kasus : Ruas Jalan Klaten-Prambanan). *Teknik Sipil, (September), 1007–1015.*

- Republik Indonesia.2009. *Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009*. Jakarta: Sekretariat Negara
- Republik Indonesia.2004. *Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004*. Jakarta: Sekretariat Negara
- Sagala, S. A. H., & Yasaditama, H. I. (2017). Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gunungapi Papandayan (Studi Kasus: Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut). *Forum Geografi*, 26(1), 1.
- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2016). Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli , Bali. *SEMINAR NASIONAL GEOTEKNIK 2016 HATTI Yogyakarta, 1*.
- Sudarsono, U. (2014). Amblesan di daerah Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(1), 1–9.
- Zona, I., Banjir, R., Sistem, M., & Geografis, I. (2014). Identifikasi Zona Rawan Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Dengkeng). *Jurnal Geodesi Undip*, 3, 36–50.

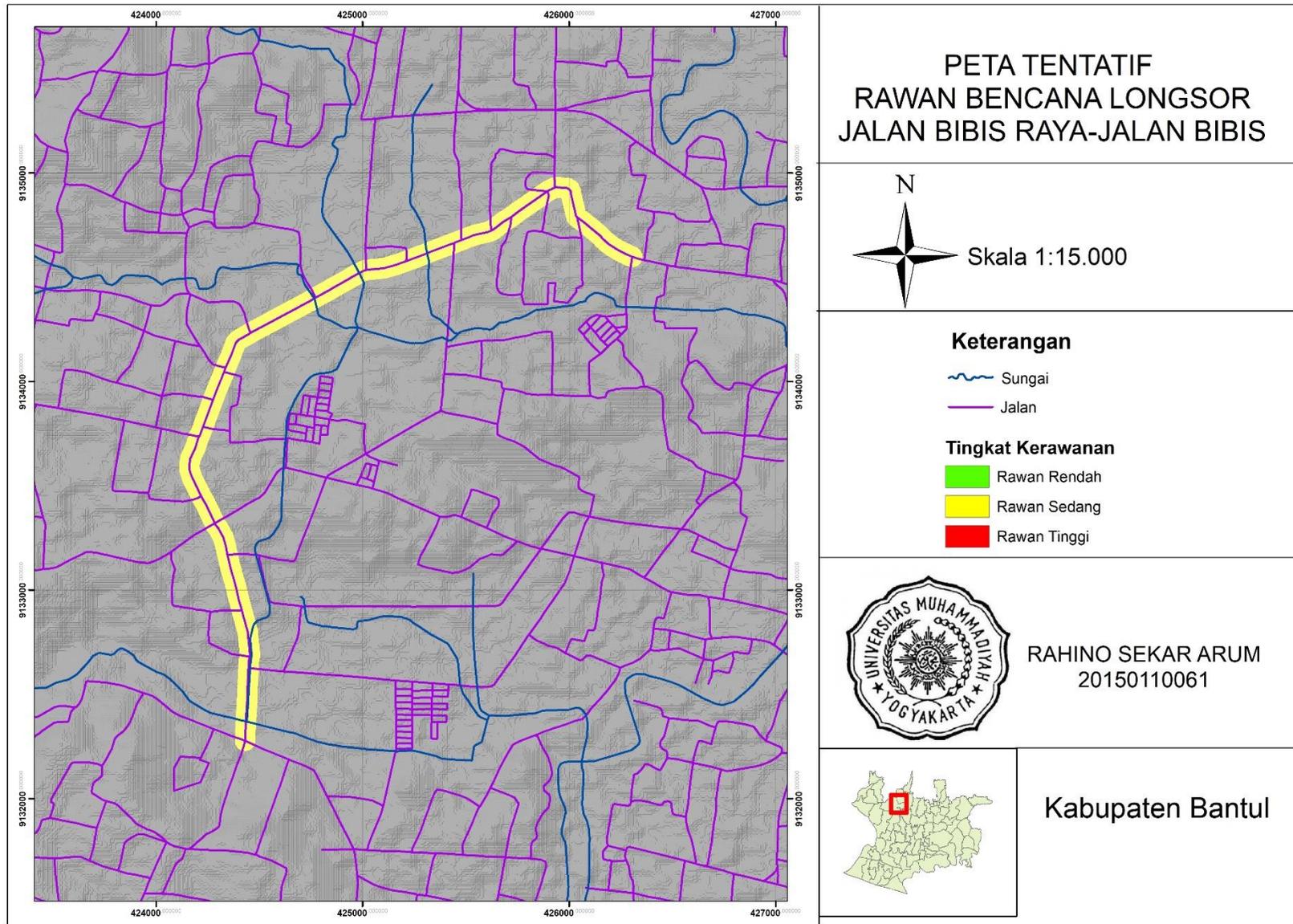
Lampiran 1 Peta tentatif rawan bencana banjir



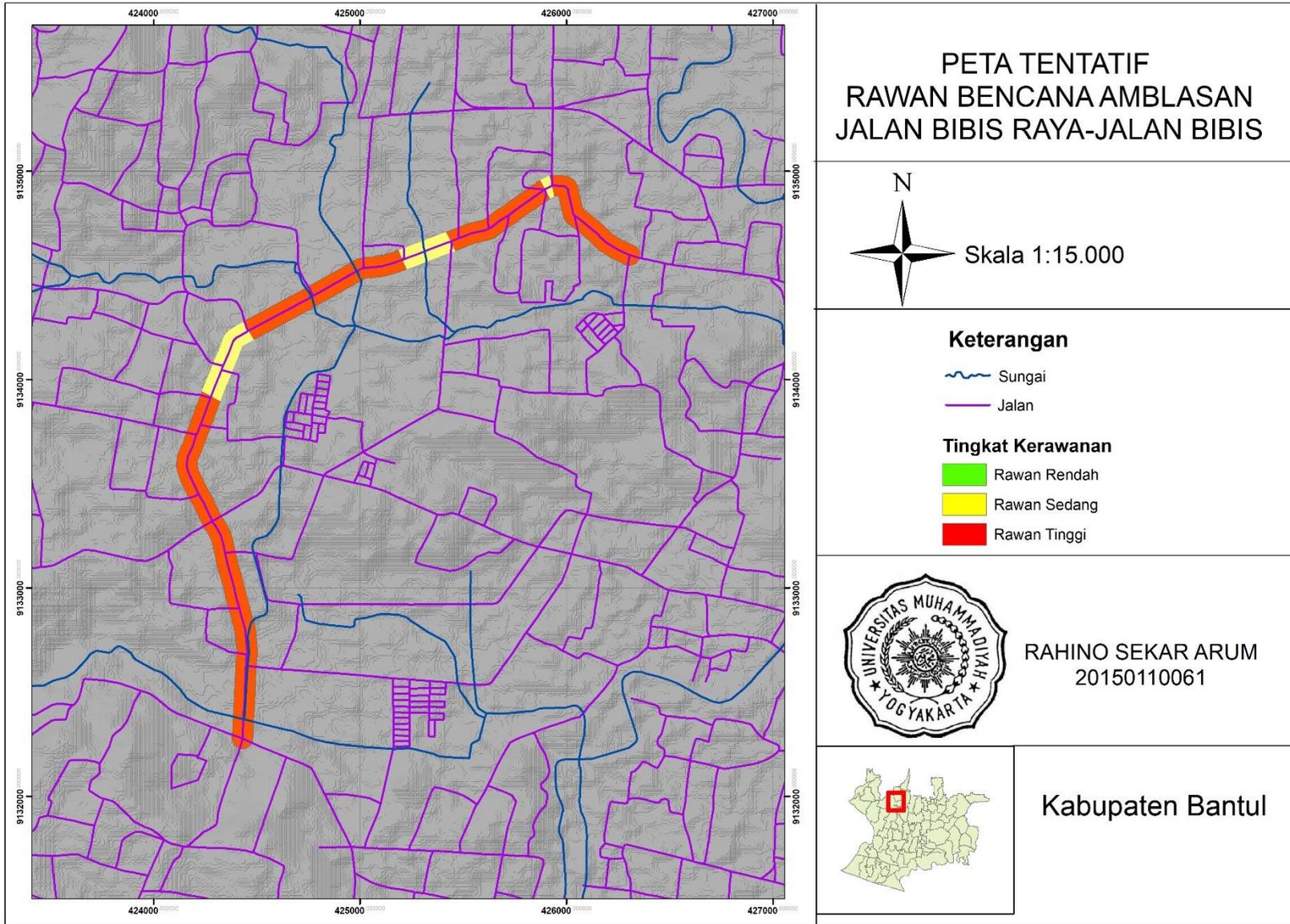
Lampiran 2 Peta tentatif rawan bencana gempabumi



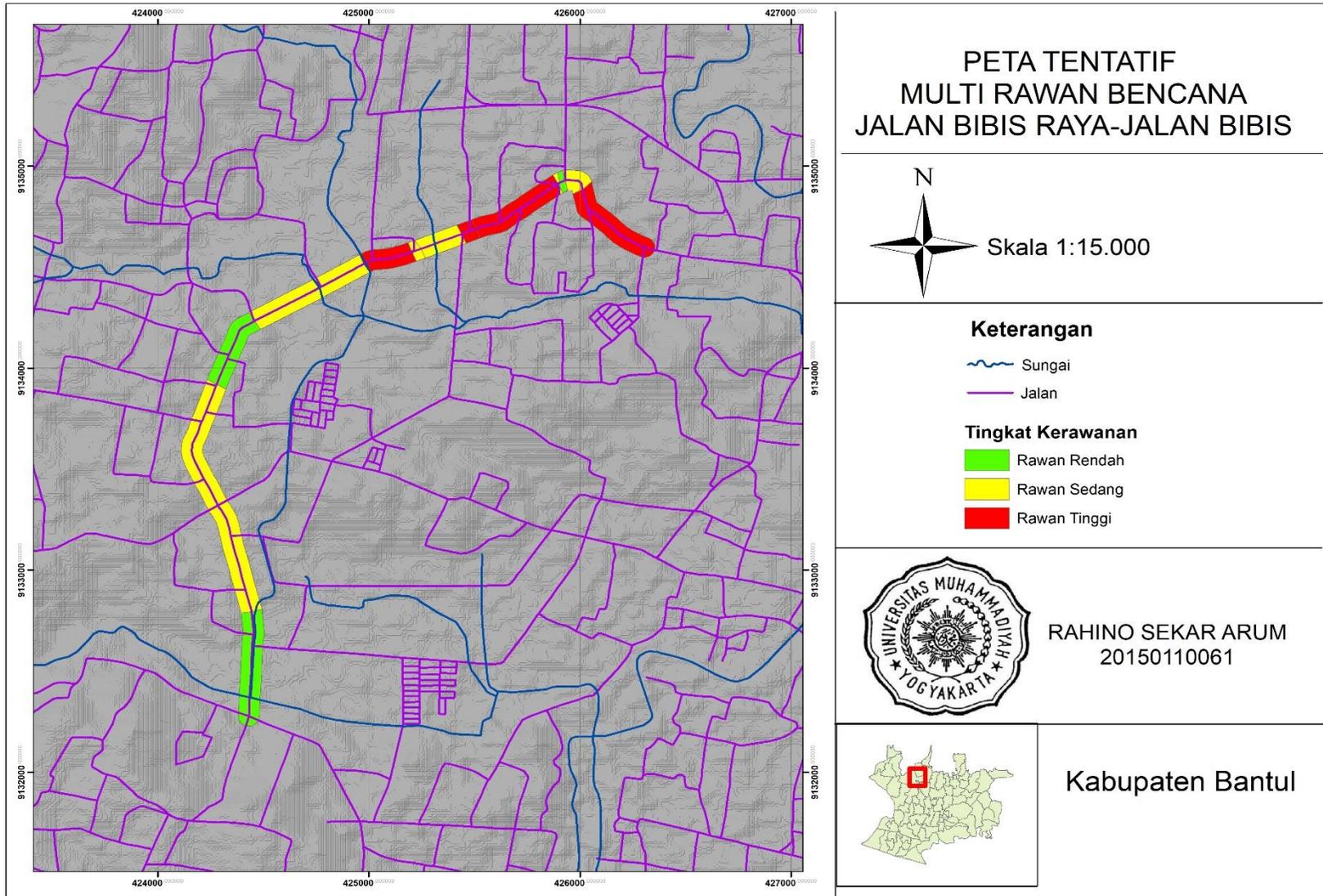
Lampiran 3 Peta tentatif rawan bencana longsor



Lampiran 4 Peta tentatif rawan bencana amblasan



Lampiran 5 Peta tentatif multi-rawan bencana



Lampiran 6 Peta indeks kerusakan jalan

