

TESIS

**EFEKTIVITAS DAN RISIKO BENCANA PADA JALUR
EVAKUASI DI KAWASAN RAWAN BENCANA
GUNUNG MERAPI**



Disusun oleh :

AKBARSYAH MUHAMMAD TANJUNG

NIM : 14914028

**PERENCANAAN DAN TEKNIK TRANSPORTASI
PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

**EFEKTIVITAS DAN RISIKO BENCANA PADA JALUR
EVAKUASI DI KAWASAN RAWAN BENCANA
GUNUNG MERAPI**



Diperiksa dan disetujui oleh

Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D.
Dosen Pembimbing I

Tanggal :

Berlian Kushari, ST., M.Eng
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 27/11/2020

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

EFEKTIVITAS DAN RISIKO BENCANA PADA JALUR EVAKUASI DI KAWASAN RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI

Disusun oleh :

AKBARSYAH MUHAMMAD TANJUNG

NIM : 14914028

Telah diuji di depan Dewan Penguji

pada tanggal : 04 NOV 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I

(Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D.)

Dosen Pembimbing II

(Berlian Kushari, ST., M.Eng)

Dosen Penguji

(Ir. Subarkah, MT)

Yogyakarta, 02 DEC 2020

Universitas Islam Indonesia
Program Studi Teknik Sipil, Program Magister
Ketua Program,



(Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pendamping.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya apapun atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “Software” komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 9 November 2020

Yang membuat pernyataan,



AKBARSYAH MUHAMMAD TANJUNG

NIM: 14914028

ABSTRAK

Kecamatan Cangkringan merupakan salah satu wilayah terdampak langsung dari erupsi Gunung Merapi. Salah satu hal yang menunjang keselamatan penduduk pada saat terjadi bencana adalah keberadaan dan kondisi jalur evakuasi. Hendaknya jalur evakuasi dirancang agar memiliki kinerja dan tingkat pelayanan yang memadai supaya pada saat terjadi bencana, penduduk dapat dievakuasi dengan cepat dan selamat. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengevaluasi kinerja jalur, kondisi perkerasan jalan, pendistribusian arah pergerakan saat evakuasi dan tingkat risiko pada jalur evakuasi yang akan dilewati para pengungsi.

Metode yang digunakan dalam penilaian kinerja jalan berdasarkan MKJI (1997) meliputi penilaian kecepatan, kapasitas dan derajat kejenuhan. Setelah kapasitas jalan telah diketahui maka langkah selanjutnya adalah mengestimasi waktu evakuasi penduduk. Penilaian kondisi perkerasan menggunakan metode PCI dengan alat meteran untuk mengetahui luasan dan pengelompokkan tingkat kerusakan kemudian di analisa dengan standar FAA (1982). Selanjutnya perencanaan arah distribusi dilakukan menggunakan software *network analyst* yang ada di dalam *quantum gis* data dasar jaringan jalur evakuasi berdasarkan ketentuan dari BPBD Sleman. Pembobotan risiko berdasarkan hasil analisis dari parameter seperti kinerja jalan, kondisi perkerasan, kepadatan penduduk dan jarak menuju lokasi barak kemudian diberikan skor dari setiap variabel terbagi atas risiko rendah, sedang dan tinggi.

Kinerja jalur evakuasi jika diasumsikan dilewati dengan seluruh jumlah kendaraan yang ada pada setiap desa, maka hampir seluruh jalur evakuasi tidak mampu melayani secara maksimal karena nilai *V/C ratio* melebihi batas maksimum yang diperbolehkan dalam standar MKJI 1997 yaitu $\leq 0,75$. Waktu evakuasi dengan menggunakan seluruh kendaraan diperoleh 59,4 menit, jika menggunakan kendaraan dengan persentase 100% kendaraan massal (*truck*) dan 50% kendaraan pribadi mobil atau motor waktu yang diperoleh 21,1 menit. Kondisi perkerasan jalur evakuasi Kecamatan Cangkringan didapat *rating* baik (*good*) s/d sempurna (*excellent*) sebesar 63% *rating* sedang (*fair*) 21% dan 16% masuk dalam *rating* terendah yaitu kondisi perkerasan jelek (*poor*) s/d gagal (*failed*). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari *network analyst* didapatkan 1 jalur baru. Jalur tersebut memiliki waktu tempuh yang lebih pendek dibandingkan jalur yang telah ada. Pada Kondisi eksisting tingkat risiko hampir seluruh jalur evakuasi memiliki nilai risiko tinggi. Untuk mengurangi tingkat risiko maka perlu dilakukan beberapa skenario, pelebaran jalan, perbaikan kondisi perkerasan dan juga menggunakan kendaraan massal sebagai pengganti kendaraan pribadi yang digunakan pada saat evakuasi.

Kata Kunci: *Kinerja Jalan, Waktu Evakuasi, Kondisi Perkerasan, Network Analyst, Tingkat Risiko*

ABSTARCT

Cangkringan district is one of the areas directly affected by the eruption of Mount Merapi. One of the things that supports the safety of residents in the event of a disaster is the existence and condition of evacuation routes. Evacuation routes should be designed to have adequate performance and service levels so that in the event of a disaster, residents can be evacuated quickly and safely. The purpose of the study was to evaluate track performance, road pavement conditions, distribution of movement direction during evacuation and the level of risk on evacuation routes that refugees would pass through.

Methods used in road performance assessments based on MKJI (1997) include assessment of speed, capacity and degree of saturation. Once the capacity of the road is known, the next step is to estimate the evacuation time of the residents. Assessment of pavement conditions using PCI method with meter tool to know the extent and grouping of damage rates later in Analysis by FAA standard (1982). Furthermore, distribution direction planning is carried out using network analyst software that is in quantum gis basic data of the evacuation route network based on the provisions of BPBD Sleman. Risk weighting based on the results of analysis of parameters such as road performance, pavement conditions, population density and distance to the barracks location is then given a score of each varibel divided into low, medium and high risks.

The performance of the evacuation route if assumed to be passed with the entire number of vehicles in each village, then almost all evacuation routes are not able to serve to the maximum because the V/C ratio exceeds the maximum limit allowed in mkji standard 1997 which is ≤ 0.75 .. The evacuation time by using all vehicles is obtained 59.4 minutes, if using a vehicle with a percentage of 100% mass vehicle (truck) and 50% private vehicle car or motor time obtained 21.1 minutes. The pavement condition of cangkringan district evacuation route is obtained good rating (good) up to perfect (excellent) by 63% moderate rating (fair) 21% and 16% enter in the lowest rating namely poor pavement conditions (poor) up to fail (failed). Based on the results obtained from network analyst obtained 1 new route. The line has a shorter travel time than the existing line. In existing conditions the risk level of almost all evacuation lines has a high risk value. To reduce the level of risk, several scenarios are needed, widening the road, improving pavement conditions and also using mass vehicles as a substitute private vehicles used at the time of evacuation.

Keyword: *Performance Road, Evacuation Time, Pavement Conditions, Network Analyst, Level Of Risk*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah ﷻ atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Tak lupa shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad ﷺ, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya, Karena keridhaan-Nya serta kemudahan yang selama ini diberikan sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister. laporan tugas akhir ini diberi judul “*Efektivitas Dan Risiko Bencana Pada Jalur Evakuasi Di Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi*”.

Selama penelitian dan penyusunan tugas akhir penulis telah mendapatkan bantuan dan penjelasan serta petunjuk-petunjuk yang sangat bermanfaat dari berbagai pihak, karena itu dalam kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Berlian Kushari, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Ir. Subarkah, M.T selaku Dosen Penguji.
4. Kedua orang tua, istri dan anak tersayang yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberi sumbangan yang berarti bagi disiplin ilmu teknik sipil.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 9 November 2020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bencana	5
2.2 Mitigasi Bencana	5
2.3 Evakuasi	6
2.4 Jalur Evakuasi	6
2.5 Kondisi Perkerasan	7
2.6 Perencanaan Transportasi	7
2.7 Pemodelan Transportasi	8
2.8 Perbedaan Penelitian ini Terhadap Penelitian Terdahulu	9

BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Jalan Luar Kota	12
3.2 Karakteristik Jalan	12
3.2.1 Geometrik	12
3.2.2 Klasifikasi Jalan	13
3.3 Arus dan Komposisi Lalu Lintas	14
3.4 Hambatan Samping	16
3.5 Kecepatan Arus Bebas	16
3.5.1 Kecepatan Arus Bebas Dasar	17
3.5.2 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur	18
3.5.3 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Hambatan Samping	18
3.5.4 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Kelas Fungsional Jalan	19
3.6 Kecepatan Rencana	19
3.7 Kapasitas Jalan	20
3.7.1 Kapasitas Dasar	20
3.7.2 Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas	21
3.7.3 Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah	21
3.7.4 Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping	22
3.8 Derajat Kejenuhan	22
3.9 Kecepatan	24
3.10 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan	24
3.11 <i>Pavement Condition Index</i>	25
3.11.1 Tingkat Kerusakan	26
3.12 Jenis Kerusakan Perkerasan dan Penyebabnya	26
3.12.1 Retak (<i>Cracking</i>)	27
3.12.2 Perubahan Bentuk (<i>Distortion</i>)	37
3.12.3 Cacat Permukaan (<i>Disintegration</i>)	43
3.12.4 Pengausan (<i>Polished Aggregate</i>)	48
3.12.5 Kegemukan (<i>Bleeding or Flushing</i>)	48
3.13 Standar Penilaian	50
3.13.1 Kerapatan (<i>Density</i>)	50
3.13.2 Nilai Pengurangan (<i>Deduct Value</i>)	51

3.13.3 Nilai Pengurangan Total (<i>Total Deduct Value</i>)	51
3.13.4 Nilai Pengurangan Terkoreksi (<i>Corrected Deduct Value</i>)	51
3.13.5 Klasifikasi Kualitas Perkerasan (<i>Rating</i>)	52
3.14 Analisis Waktu Evakuasi Penduduk	53
3.15 Pemodelan Transportasi	54
3.16 Software <i>Quatum Gis</i>	56
3.17 Penentuan Jalur Evakuasi dengan <i>Network Analyst</i>	57
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	58
4.1 Metode Penelitian	58
4.2 Lokasi Penelitian	58
4.3 Langkah Penelitian	59
4.3.1 Pengukuran <i>PCI</i>	59
4.3.2 Pengambilan Data Lalu Lintas	59
4.3.3 Pengambilan Data <i>Network Analyst QGis</i>	59
4.3.3 Pembobotan Skor Risiko Bencana	60
4.4 Bagan Alir Penelitian	60
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	62
5.1 Peta Dasar Daerah Evakuasi Merapi	62
5.1.1 Peta Kawasan Rawan Bencana Merapi	63
5.1.2 Data Jumlah Penduduk	63
5.1.3 Rute Jalur Evakuasi Eksisting dan Lokasi Barak Pengungsian	64
5.1.4 Lokasi Barak Pengungsian	65
5.1.5 Jumlah Pengungsi dan Barak Tujuan	65
5.2 Data Kondisi Jalan	66
5.2.1 Data Jumlah Kendaraan	68
5.3 Analisis Kinerja Ruas Jalan	69
5.3.1 Analisis Kecepatan Arus Bebas	69
5.3.2 Analisis Kapasitas Jalan	71
5.4 Kondisi Perkerasan Jalan	73
5.4.1 Nilai <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	73
5.4.2 Analisis Segmen (Contoh Perhitungan Pada Segmen 1)	74
5.5 Prakiraan Kinerja Jalan Pada Kondisi Evakuasi	86

5.5.1	Estimasi Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi	86
5.5.2	Estimasi Volume Lalu Lintas Seluruh Kendaraan	87
5.6	Analisis Waktu Evakuasi Penduduk	88
5.7	Analisis Jaringan Jalur Evakuasi	93
5.8	Analisis Risiko	94
5.9	Analisis Peningkatan Kinerja Jalur	102
5.10	Pembahasan	106
5.10	Rangkuman Hasil Analisis	112
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		113
6.1	Simpulan	113
6.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA		115



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Penelitian	4
Gambar 3.1	Grafik Kecepatan Sebagai Fungsi Dari Derajat Kejenuhan pada Jalan 2/2 UD	23
Gambar 3.2	<i>Low Severity Level</i> pada Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>)	28
Gambar 3.3	<i>Medium Severity Level</i> pada Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>)	28
Gambar 3.4	<i>High Severity Level</i> pada Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>)	29
Gambar 3.5	<i>Low Severity Level</i> pada Retak Pinggir (<i>Edge Crack</i>)	30
Gambar 3.6	<i>Medium Severity Level</i> pada Retak Pinggir (<i>Edge Crack</i>)	30
Gambar 3.7	<i>High Severity Level</i> pada Retak Pinggir (<i>Edge Crack</i>)	30
Gambar 3.8	<i>Low Severity Level</i> pada Retak Memanjang	31
Gambar 3.9	<i>Medium Severity Level</i> pada Retak Memanjang	32
Gambar 3.10	<i>High Severity Level</i> pada Retak Memanjang	32
Gambar 3.11	<i>Low Severity Level</i> pada Retak Slip (<i>Shrinkage Crack</i>)	33
Gambar 3.12	<i>Medium Severity Level</i> pada Retak Slip (<i>Shrinkage Crack</i>)	33
Gambar 3.13	<i>High Severity Level</i> pada Retak Pinggir (<i>Shrinkage Crack</i>)	34
Gambar 3.14	Retak Melintang (<i>Transversal Cracking</i>)	35
Gambar 3.15	<i>Low Severity Level</i> pada Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	36
Gambar 3.16	<i>Medium Severity Level</i> pada Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	37
Gambar 3.17	<i>High Severity Level</i> pada Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	37
Gambar 3.18	<i>Low Severity Level</i> pada Alur (<i>Rutting</i>)	38
Gambar 3.19	<i>Medium Severity Level</i> pada Alur (<i>Rutting</i>)	38
Gambar 3.20	<i>High Severity Level</i> pada Alur (<i>Rutting</i>)	39
Gambar 3.21	<i>Low Severity Level</i> pada Keriting (<i>Corrugation</i>)	40
Gambar 3.22	<i>Medium Severity Level</i> pada Keriting (<i>Corrugation</i>)	40
Gambar 3.23	<i>High Severity Level</i> pada Keriting (<i>Corrugation</i>)	40
Gambar 3.24	<i>Low Severity Level</i> pada Amblas (<i>Depression</i>)	41
Gambar 3.25	<i>Medium Severity Level</i> pada Amblas (<i>Depression</i>)	42
Gambar 3.26	<i>High Severity Level</i> pada Amblas (<i>Depression</i>)	42

Gambar 3.27	Jembul (<i>Upheaval</i>)	43
Gambar 3.28	<i>Low Severity Level</i> pada Lubang (<i>Potholes</i>)	44
Gambar 3.29	<i>Medium Severity Level</i> pada Lubang (<i>Potholes</i>)	45
Gambar 3.30	<i>High Severity Level</i> pada Lubang (<i>Potholes</i>)	45
Gambar 3.31	<i>Low Severity Level</i> pada Pelepasan Butiran (<i>Ravelling</i>)	46
Gambar 3.32	<i>Medium Severity Level</i> pada Pelepasan Butiran (<i>Ravelling</i>)	47
Gambar 3.33	<i>High Severity Level</i> pada Pelepasan Butiran (<i>Ravelling</i>)	47
Gambar 3.34	Pengelupasan Lapisan Permukaan	47
Gambar 3.35	Pelepasan Pengausan (<i>Polished Aggregate</i>)	48
Gambar 3.36	<i>Low Severity Level</i> pada Kegemukan (<i>Bleeding or Flushing</i>)	49
Gambar 3.37	<i>Medium Severity Level</i> pada Kegemukan (<i>Bleeding or Flushing</i>)	50
Gambar 3.38	<i>High Severity Level</i> pada Kegemukan (<i>Bleeding or Flushing</i>)	50
Gambar 3.39	<i>Corrected Deduct Value</i>	52
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	58
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	61
Gambar 5.1	Peta Dasar Daerah Evakuasi Erupsi Gunung Merapi	62
Gambar 5.2	Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, Sleman, Yogyakarta	63
Gambar 5.3	Rute Jalur Evakuasi Eksisting dan Lokasi Barak Pengungsian	64
Gambar 5.4	Penamaan Survei Ruas Jalur Evakuasi Kecamatan Cangkirngan	67
Gambar 5.5	Penentuan Nilai <i>Deduct Value</i> untuk <i>Alligator Cracking</i> pada Segmen 1	75
Gambar 5.6	Penentuan Nilai <i>Deduct Value</i> untuk <i>Raveling</i> pada Segmen 1	76
Gambar 5.7	Penentuan Nilai <i>Deduct Value</i> untuk <i>Potholes</i> pada Segmen 1	78
Gambar 5.8	Penentuan Nilai <i>Deduct Value</i> untuk <i>Rutting</i> pada Segmen 1	79
Gambar 5.9	<i>Corrected Deduct Value</i>	80
Gambar 5.10	Perbandingan Jalur Evakuasi Kecamatan Cangkirngan dengan <i>Network Analysis</i>	95
Gambar 5.11	Jalur Evakuasi Desa Umbulharjo	95
Gambar 5.12	Jalur Evakuasi Desa Kepuharjo	96
Gambar 5.13	Jalur Evakuasi Desa Glagaharjo	96
Gambar 5.14	Jalur Evakuasi Desa Wukirsari	97
Gambar 5.15	Jalur Evakuasi Desa Argomulyo	97

Gambar 5.16	Peta Tingkat Risiko Jalur Evakuasi	101
Gambar 5.17	Kondisi Perkerasan Jalur Evakuasi Gunung Merapi	106
Gambar 5.18	Kondisi Perkerasan Jalur Evakuasi Merapi Kecamatan Cangkringan	107
Gambar 5.19	Perbandingan Nilai Risiko Eksisting dengan Alternarif 1 dan Alternatif 2	109



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ringkasan Studi Pustaka Penelitian yang pernah dilakukan	9
Tabel 3.1	Tipe Alinyemen	13
Tabel 3.2	EMP Jalan Dua Lajur Dua-Arah Tak Terbagi (2/2UD)	15
Tabel 3.3	Kelas Hambatan Samping	16
Tabel 3.4	Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar Kota (FV_0)	17
Tabel 3.5	Penyesuaian Akibat Lebar Lajur Lalu-Lintas (FV_w)	18
Tabel 3.6	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF})	18
Tabel 3.7	Faktor Penyesuaian Akibat Kelas Fungsional Jalan (FFV_{RC})	19
Tabel 3.8	Kecepatan Rencana (V_R), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan	19
Tabel 3.9	Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota (2/2 UD)	20
Tabel 3.10	Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu-Lintas (FC_w)	21
Tabel 3.11	Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})	21
Tabel 3.12	Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})	22
Tabel 3.13	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>)	27
Tabel 3.14	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Pinggir (<i>Edge Crack</i>)	29
Tabel 3.15	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Memanjang (<i>Longitudinal Cracking</i>)	31
Tabel 3.16	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Slip (<i>Shrinkage Crack</i>)	32
Tabel 3.17	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Melintang (<i>Transversal Cracking</i>)	34
Tabel 3.18	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	36
Tabel 3.19	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan	

	Pilihan Perbaikan pada Alur (<i>Rutting</i>)	38
Tabel 3.20	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Keriting (<i>Corrugation</i>)	39
Tabel 3.21	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Ambblas (<i>Depression</i>)	41
Tabel 3.22	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Jempul (<i>Upheaval</i>)	42
Tabel 3.23	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Lubang (<i>Potholes</i>)	44
Tabel 3.24	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Pelepasan Butiran (<i>Ravelling</i>)	45
Tabel 3.25	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Pengausan (<i>Polished Aggregate</i>)	48
Tabel 3.26	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Kegemukan (<i>Bleeding or Flushing</i>)	49
Tabel 3.27	<i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i>	53
Tabel 5.1	Jumlah Penduduk Desa Umbulharjo	64
Tabel 5.2	Lokasi Barak Pengungsian Kecamatan Cangkringan	65
Tabel 5.3	Jumlah Pengungsi dan Barak Tujuan	65
Tabel 5.4	Lebar Jalan dan Bahu Jalan	68
Tabel 5.5	Data Jumlah Kendaraan	68
Tabel 5.6	Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar Kota (FV_0)	69
Tabel 5.7	Penyesuaian Akibat Lebar lajur Lalu Lintas (FV_w)	69
Tabel 5.8	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF})	70
Tabel 5.9	Faktor Penyesuaian Akibat Fungsional Jalan (FFV_{RC})	70
Tabel 5.10	Perhitungan Kecepatan Arus Bebas	71
Tabel 5.11	Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2-Lajur 2-Arah Tak-Terbagi (2/2 UD)	71
Tabel 5.12	Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu-Lintas (FC_w)	72
Tabel 5.13	Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})	72
Tabel 5.14	Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})	72
Tabel 5.15	Perhitungan Kapasitas Jalan	73

Tabel 5.16 Hasil Pengamatan Segmen 1 Kinahrejo-Tangkisan 1 (0+000 s.d 0+200)	74
Tabel 5.17 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada <i>Alligator Cracking</i>	74
Tabel 5.18 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada <i>Raveling</i>	76
Tabel 5.19 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada <i>Potholes</i>	77
Tabel 5.20 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada <i>Rutting</i>	78
Tabel 5.21 Penentuan <i>Total Deduct Value</i> pada Segmen 1	80
Tabel 5.22 Lembar Data Pengamatan Unit Segmen 1 Kinahrejo-Tangkisan 1	82
Tabel 5.23 Rekapitulasi Nilai <i>PCI</i> Unit Segmen 1 s/d 6 Kinahrejo-Tangkisan 1	83
Tabel 5.24 Persentase <i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i> Kinahrejo-Tangkisan 1	83
Tabel 5.25 Persentase <i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i> Seluruh Ruas Jalan	84
Tabel 5.26 Perhitungan Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi	86
Tabel 5.27 Perhitungan Derajat Kejenuhan	87
Tabel 5.28 Waktu Evakuasi dengan Seluruh Kendaraan	88
Tabel 5.29 Alternatif Skenario 1 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Daya Angkut dan Jumlah Kendaraan Desa Umbulharjo	89
Tabel 5.30 Alternatif Skenario 2 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Daya Angkut dan Jumlah Kendaraan Desa Umbulharjo	89
Tabel 5.31 Waktu Evakuasi dengan Alternatif Skenario 1 dan 2	90
Tabel 5.32 Alternatif Skenario 1 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Kelas Hambatan Samping Desa Umbulharjo	91
Tabel 5.33 Alternatif Skenario 2 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Kelas Hambatan Samping	91
Tabel 5.34 Waktu Evakuasi dengan Berdasarkan Faktor Hambatan Samping	92
Tabel 5.35 Indeks Pembobotan Kelas Resiko	94
Tabel 5.36 Skoring Risiko Berdasarkan Kepadatan Penduduk	94
Tabel 5.37 Skoring Risiko Berdasarkan Jarak Titik Kumpul Menuju Barak	95
Tabel 5.38 Skoring Risiko Berdasarkan Kondisi Perkerasan	98
Tabel 5.39 Skoring Risiko Berdasarkan Kinerja Jalan	99
Tabel 5.40 Total Skor Risiko Kebencanaan di Kecamatan Cangkringan	100
Tabel 5.41 Peningkatan Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi	102
Tabel 5.42 Alternatif Peningkatan <i>V/C ratio</i>	102

Tabel 5.43	Skoring Risiko Berdasarkan Alternatif peningkatan <i>V/C Ratio</i>	103
Tabel 5.44	Rangkuman Hasil Analisis	112



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1:	Hasil Perhitungan <i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i>	118
Lampiran 2:	<i>Deduct Value</i> Untuk Jenis-jenis Kerusakan	262



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Ad	: Luas total jenis kerusakan unit tiap <i>severity-level</i> (m ²)
As	: Luas total segmen (m ²)
C	: Kapasitas
CDV	: <i>Corrected Deduct Value</i> , nilai pengurangan terkoreksi
C _O	: Pemisahan Arah
DS	: Derajat Kejenuhan
DV	: <i>Deduct Value</i> , nilai pengurang
EMP	: Ekuivalensi Mobil Penumpang
FAA	: <i>Federal Aviation Administration</i>
FC _{SF}	: Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping
FC _{SP}	: Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah
FC _W	: Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur
FFV _{RC}	: Faktor Penyesuaian Kecepatan Akibat Kelas Fungsional Jalan
FFV _{SF}	: Faktor Penyesuaian Kecepatan Akibat Hambatan Samping
FV	: Kecepatan Arus Bebas
FV _O	: Kecepatan Arus Bebas Dasar
FV _W	: Penyesuaian Kecepatan Akibat Lebar Jalur
H	: <i>High Severity Level</i> , tingkat kerusakan tinggi
L	: Panjang Jalan
Ld	: Panjang total jenis kerusakan untuk setiap unit <i>severity level</i> (m ²)
LT	: Truk Besar
LV	: Kendaraan Ringan
M	: <i>Medium Severity Level</i> , tingkat kerusakan sedang

MC	: Sepeda Motor
MHV	: Kendaraan Berat Menengah
N	: Jumlah unit tiap segmen
PCI	: <i>Pavement Condition Index</i> , indeks kondisi kemampuan perkerasan jalan dalam melayani lalu lintas
PCI(f)	: <i>Pavement Condition Index</i> untuk tiap unit segmen
PCI(f)	: Nilai <i>Pavement Condition Index</i> rata-rata dari seluruh area
RCI	: <i>Road Condition Index</i> , indeks kenyamanan atau kinerja jalan
Q	: Arus Lalu-lintas
SDC	: Kelas Jarak Pandang
SF	: Hambatan Samping
SFC	: Kelas Hambatan Samping
SMP	: Satuan Mobil Penumpang
SP	: Pemisah Arah
TDV	: <i>Total Deduct Value</i> , nilai pengurang total
TT	: Waktu Tempuh
V	: Kecepatan Tempuh
W _c	: Lebar Jalur
W _s	: Lebar Bahu Efektif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Bencana erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 merupakan erupsi terbesar sejak tahun 1872 dan menimbulkan kerugian yang sangat besar. Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 berlangsung pada tanggal 26-28 Oktober dan 4-5 November 2010, dan memuntahkan sebanyak 140 juta meter kubik material yang mengalir ke beberapa aliran sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Aliran material dari Gunung Merapi yang melewati Kali Gendol bahkan mengalir hingga 15 km. Awan panas yang mengalir juga menyapu beberapa permukiman di kaki Gunung Merapi dan bantaran sungai yang berhulu di Gunung Merapi menyebabkan banyak kerugian materi dan korban jiwa. S

Dampak lain yang ditimbulkan akibat letusan Gunung Merapi adalah rusaknya sebagian besar infrastruktur transportasi seperti kerusakan jalan dan kerusakan jembatan. Dalam dimensi luas jaringan jalan memiliki fungsi yang sangat penting sebagai prasarana untuk memindahkan/transportasi orang dan barang, dan merupakan urat nadi untuk mendorong mobilitas ekonomi, sosial, budaya dan stabilitas nasional serta upaya pemerataan dan penyebaran pembangunan. Kondisi sarana transportasi yang terputus pada saat terjadi bencana akan berdampak pada perekonomian, kesehatan, penyaluran bantuan dan yang paling penting pada saat proses evakuasi berlangsung, maka dari itu perlu adanya perencanaan khusus untuk wilayah yang termasuk kawasan rawan bencana.

Kabupaten Sleman merupakan salah satu wilayah rawan bencana Gunung Merapi, karena terdapat beberapa area yang terdampak langsung dari erupsi Gunung Merapi seperti kawasan Kecamatan Cangkringan. Selain dampak negatif dari erupsi Merapi adanya dampak positif yang dimanfaatkan adalah banyaknya material yang dihasilkan dari erupsi seperti: batu, kerikil, pasir. Banyaknya bahan material yang dihasilkan oleh Gunung Merapi juga mengakibatkan arus lalu lintas dari kendaraan berat yang mengangkut hasil galian tersebut semakin padat.

Permasalahan yang timbul akibat meningkatnya volume kendaraan berat pada ruas yang menggunakan jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) ini berdampak pada kondisi jalan tersebut mengingat ruas jalan yang di lalui tersebut merupakan jalur evakuasi yang sangat penting peranannya. Tidak berjalannya fungsi jalan sebagai mana mestinya akan berdampak ada saat proses evakuasi berlangsung. Secara umum penyebab kerusakan jalan ada berbagai sebab yakni umur rencana jalan yang telah dilewati, genangan air pada permukaan jalan akibat drainase yang kurang baik, beban lalu lintas yang berlebihan (*overloaded*) yang menyebabkan umur pakai jalan lebih pendek dari perencanaan.

Risiko dan keselamatan korban jiwa tidak lepas dari layaknya infrastuktur transportasi mengingat kondisi geometrik pengunungan yang mana terdapat banyak jalan yang memiliki tikungan tajam, jalan turunan dan jalan mendaki yang dapat meningkatkan resiko bahaya jika fungsi dari jalan tersebut tidak berjalan dengan baik. Selain itu keterbatasan data dan informasi terutama yang berbasis geografi/spasial (keruangan) yang akurat sebagai alat bantu dalam meningkatkan efektivitas setiap jalur-jalur dalam proses evakuasi merupakan satu kendala selain dengan penyuluhan dan pembekalan mengenai bencana Merapi yang harus disosialisasikan. Dengan demikian, kondisi jalur evakuasi yang memadai baik dari sistem informasi dan infrastuktur sangat penting agar pada saat proses evakuasi para penduduk dapat dievakuasi secara cepat dan aman.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi eksisting kinerja jalur dan perkerasan jalan evakuasi bencana yang ada di kawasan Cangkringan?,
2. Bagaimana rencana pendistribusian arah pergerakan dan mitigasi dan pemilihan jalur yang paling efisien dalam masa tanggap darurat bencana?, dan
3. Bagaimana tingkat keselamatan pengguna jalan pada ruas jalur evakuasi di kawasan Cangkringan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Secara khusus penelitian ini bertujuan seperti uraian berikut.

1. Mengevaluasi kondisi eksisting kinerja jalur dan perkerasan jalan evakuasi bencana Merapi di kawasan Cangkringan,
2. Mengidentifikasi rencana pendistribusian arah pergerakan yang paling efisien, dan
3. Mengukur tingkat resiko pada jalur evakuasi Merapi.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Untuk mempermudah dalam pembahasan maka dibuat batasan-batasan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yang ditinjau adalah jalur evakuasi di Kecamatan Cangkringan yang meliputi Desa Umbulharjo, Desa Kepuharjo, Desa Glagaharjo, Desa Wukirsari dan Desa Argomulyo.
2. Penilaian resiko keselamatan jalan dinilai dengan parameter tingkat kinerja jalan, kondisi perkerasan, jarak dari titik kumpul menuju lokasi tujuan dan kepadatan penduduk.
3. Lalu lintas dari rumah tempat tinggal ke titik-titik pengungsian pada jalur evakuasi saat proses evakuasi, sebagai jalan satu arah.
4. *Software* yang digunakan untuk memodelkan menggunakan program *Quantum Gis* versi 3.10.
5. Jenis moda yang akan dianalisis adalah kategori kendaraan berat (*HV*), kendaraan ringan (*LV*), sepeda motor (*MC*).
6. Jalur evakuasi yang diteliti adalah jalur evakuasi eksisting yang telah ditentukan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Sleman.
7. Letak dan kapasitas barak pengungsian, sesuai dengan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Sleman, Yogyakarta.
8. Waktu kejadian evakuasi dalam penelitian ini adalah waktu pagi sampai sore hari, sehingga faktor ada tidaknya penerangan jalan tidak diperhitungkan.

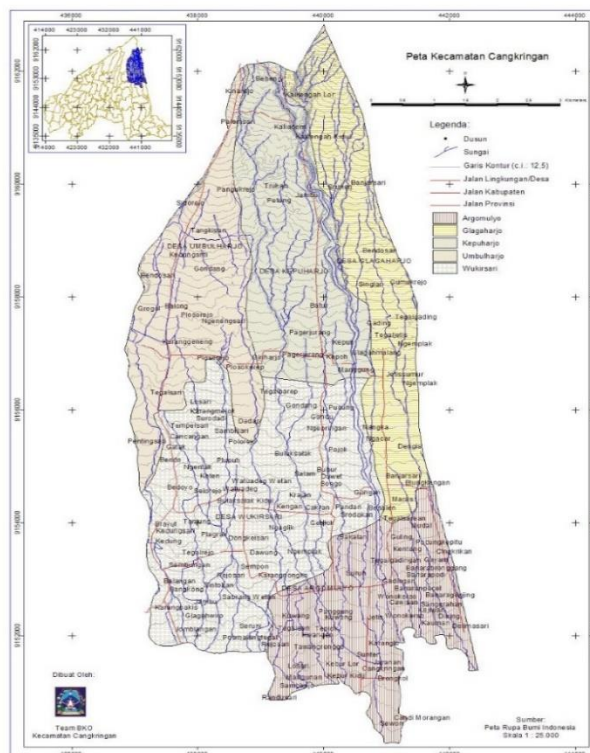
1.5 MANFAAT PENELITIAN

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran dan manfaat baik kepada peneliti maupun orang lain diuraikan sebagai berikut.

1. Mengetahui tingkat kelayakan dan efektivitas pada tiap jalur-jalur evakuasi di kawasan Cangkringan.
2. Mengetahui tingkat resiko keselamatan pengendaraan pada ruas jalan di kawasan Cangkringan.
3. Sebagai pertimbangan dalam perbaikan infrastruktur jalur evakuasi sebagai upaya meminimalisir korban jiwa di daerah penelitian.
4. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam proses evakuasi saat terjadinya bencana.

1.6 LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tiap ruas Jalan pada Kabupaten Sleman yang termasuk jalur evakuasi Merapi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1 seperti di bawah ini.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Kantor Kecamatan Cangkringan (2015)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BENCANA

Menurut Undang-Undang No. 24 Tahun 2007, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Bencana merupakan pertemuan dari tiga unsur, yaitu ancaman bencana, kerentanan dan kemampuan yang dipicu oleh suatu kejadian.

Definisi bencana yang lain menurut *International Strategy for Disaster Reduction* (Nurjanah dkk, 2012) adalah “Suatu kejadian, yang disebabkan oleh alam atau karena ulah manusia, terjadi secara tiba-tiba atau perlahan-lahan, sehingga menyebabkan hilangnya jiwa manusia, harta benda dan kerusakan lingkungan, kejadian ini diluar kemampuan masyarakat dengan segala sumberdayanya”.

2.2 MITIGASI BENCANA

Mitigasi adalah upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana, melalui pembangunan secara fisik maupun peningkatan kemampuan masyarakat serta penyadaran dalam menghadapi ancaman bahaya (Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana), sedangkan menurut BNPB (2013) mitigasi adalah suatu upaya yang dilakukan untuk mengurangi kerentanan rekayasa teknis bangunan tahan bencana.

Kegiatan mitigasi juga melibatkan partisipasi masyarakat dalam pelaksanaannya atau disebut dengan mitigasi struktural partisipatif. Kegiatan mitigasi bertujuan untuk meningkatkan kesiapan masyarakat dan pengurangan risiko bencana untuk jangka waktu yang panjang, mengurangi jumlah korban dan diterapkan semaksimal mungkin untuk meminimalisir dampak (Noor, 2014).

2.3 EVAKUASI

Evakuasi adalah proses dimana penempatan orang dari tempat-tempat berbahaya ke tempat yang lebih aman untuk mengurangi gangguan kesehatan dan kehidupan masyarakat yang rentan terkena dampak (Saadatseresht, et al., 2009), (Mei, et al., 2013) dan (Counthino-Rodrigues, et al., 2012).

Untuk mengurangi dampak bencana terhadap korban, maka perlu upaya penyelamatan melalui pencarian, pertolongan dan evakuasi. Dalam upaya penyelamatan tersebut perlu diprioritaskan pada masyarakat terkena bencana yang mengalami luka parah dan kelompok rentan. Terhadap masyarakat terkena bencana meninggal dunia dilakukan upaya identifikasi dan pemakaman (Perka BNPB No. 13 Tahun 2010 Tentang Pedoman Pertolongan dan Evakuasi).

2.4 JALUR EVAKUASI

Jalur evakuasi adalah lintasan yang digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang-orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan (Abrahams, 1994). Ada dua jenis evakuasi yang dapat dibedakan yaitu evakuasi skala kecil dan evakuasi skala besar. Contoh dari evakuasi skala kecil yaitu penyelamatan yang dilakukan dari sebuah bangunan yang disebabkan karena ancaman bom atau kebakaran. Contoh dari evakuasi skala besar yaitu penyelamatan dari sebuah daerah karena banjir, letusan gunung berapi atau badai. Dalam Situasi ini melibatkan manusia secara langsung atau pengungsi sebaiknya didekontaminasi sebelum diangkut keluar dari daerah yang terkontaminasi, dalam modul Siap Siaga Bencana Alam (2009:36) dikemukakan syarat-syarat jalur evakuasi yang layak dan memadai tersebut adalah :

a. Keamanan Jalur

Jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi haruslah benar-benar aman dari benda-benda yang berbahaya yang dapat menimpa diri.

b. Jarak Tempuh Jalur

Jarak Tempuh Jalur evakuasi yang akan dipakai untuk evakuasi dari tempat tinggal semula ketempat yang lebih aman haruslah jarak yang akan memungkinkan cepat sampai pada tempat yang aman.

c. Kelayakan Jalur

Jalur Yang dipilih juga harus layak digunakan pada saat evakuasi sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

Zonasi jalur evakuasi dan ruang menurut Permen PU No. 20 Tahun 2011 memiliki ketentuan umum sebagai berikut :

- a. Pemanfaatan ruang yang diperbolehkan adalah sebatas ruang terbuka hijau.
- b. Kegiatan yang diizinkan adalah pemasangan rambu, papan peringatan bencana, perhubungan dan komunikasi.
- c. Kegiatan yang tidak diizinkan adalah kegiatan yang dapat menghambat kelancaran akses jalur evakuasi.

2.5 KONDISI PERKERASAN JALAN

Saat ini kondisi perkerasan jalan tidak saja dituntut untuk melayani perkembangan lalu lintas dan beban kendaraan yang tinggi, tetapi juga dapat memperhatikan kenyamanan. Pemeliharaan jalan rutin maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan/keawetan sampai umur rencana (Sukirman, 1999).

Survei kondisi perkerasan perlu dilakukan secara periodik baik struktural maupun non-struktural untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan yang ada (Suwardo & Sugiarto, 2004). Kerusakan jalan disebabkan antara lain oleh beban lalu lintas yang berlebih (*overloaded*), kurang stabilnya tanah dasar yang menyebabkan deformasi pada struktur perkerasan jalan serta mutu dari perkerasan itu sendiri. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

2.6 PERENCANAAN TRANSPORTASI

Perencanaa transportasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang tujuannya mengembangkan sistem transportasi yang memungkinkan manusia dan barang bergerak atau perpindahan tempat dengan aman dan murah (Pignataro, 1973 dalam Tamin, 2008).

Dalam membuat perencanaan suatu sistem jaringan transportasi hendaknya dipertimbangkan faktor yang sangat mempengaruhi sistem antara lain karakteristik permintaan, tata guna lahan serta kondisi yang ada di suatu daerah. Faktor yang tidak kurang pentingnya adalah sistem jaringan transportasi pada umumnya dan sistem jaringan jalan raya dan jalan kereta api pada khususnya yang akan diterapkan harus mampu dikembangkan untuk memenuhi permintaan akan jasa transportasi pada masa yang akan datang. Penerapan jaringan jalan raya yang tidak sesuai dengan tata guna lahan, karakteristik permintaan, kondisi daerah setempat, serta tidak melalui suatu perencanaan yang baik sering menimbulkan masalah yang sulit ditanggulangi terutama jika permintaan akan jasa transportasi sudah melampaui kapasitas sistem yang ada (Tamin and Frazila, 1997).

2.7 PEMODELAN TRANSPORTASI

Model merupakan representasi dari sesuatu dan didisain untuk tujuan yang spesifik. Pemodelan transportasi menjelaskan tentang hubungan antara penggunaan lahan (*land use*), lalu lintas (*traffic*) dan alat transportasi (Black, 1981). Model merupakan bentuk penyederhanaan suatu realita (atau dunia yang sebenarnya) dan merupakan cerminan dan penyederhanaan realita untuk tujuan tertentu, seperti memberikan penjelasan, pengertian serta peramalan. (Tamin, 2000).

Dalam pemodelan transportasi digunakan model grafis dan model matematis. Model grafis adalah model yang menggunakan gambar, warna dan bentuk sebagai media penyampaian informasi mengenai keadaan sebenarnya (realita). Dalam transportasi model grafis dapat digunakan untuk mengilustrasikan terjadinya pergerakan (arah dan besarnya) yang terjadi yang beroperasi secara spasial (ruang). Sedangkan model matematis menggunakan persamaan atau fungsi matematika sebagai media dalam usaha mencerminkan realita (Tamin, 2000).

2.8 PERBEDAAN PENELITIAN INI TERHADAP PENELITIAN TERDAHULU

Posisi penelitian yang dilakukan dengan judul “Efektivitas Dan Risiko Bencana Pada Jalur Evakuasi Di Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi” dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Ringkasan Studi Pustaka Penelitian yang pernah dilakukan (1 dari 3)

No.	Parameter	Masato (2017)	Purwoko (2014)	Pamungkas (2019)	Idris (2016)
1.	Judul	Pemodelan Lalu Lintas Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Yogyakarta.	Evaluasi kinerja ruas jalan evakuasi desa Kepuharjo Cangkringan, Sleman.	Evaluasi jalur evakuasi bencana erupsi gunung Merapi dengan metode <i>least cost path</i> di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman.	Optimasi jalur evakuasi bencana Gempa Bumi dan Tsunami.
2.	Tujuan	Mengetahui kondisi jalan dan kinerja jaringan jalannya jalur evakuasi pada saat terjadinya erupsi, juga mengetahui model jalur evakuasi yang paling baik saat terjadinya erupsi di kabupaten Sleman, Yogyakarta.	Mengetahui kondisi perkerasan jalan dan kinerja jalur evakuasi, mengetahui evakuasi dengan beberapa pilihan kendaraan seperti menggunakan kendaraan pribadi maupun kendaraan massal.	Memetakan jalur evakuasi bencana Merapi dengan metode <i>least cost path</i> , membandingkan efektifitas peta jalur evakuasi BPBD Kabupaten Sleman dengan peta jalur evakuasi dengan analisis <i>least cost path</i> .	Mengetahui kondisi eksisting kinerja jalan dan informasi rambu arah evakuasi, merencanakan pendistribusian arah pergerakan masyarakat yang mengacu pada waktu kedatangan Gelombang Tsunami

Sumber: Masato (2017), Purwoko (2014), Pamungkas (2019), Idris (2016)

Tabel 2.1 Ringkasan Studi Pustaka Penelitian yang pernah dilakukan (2 dari 3)

No.	Parameter	Masato (2017)	Purwoko (2014)	Pamungkas (2019)	Idris (2016)
3.	Metode	Melakukan simulasi kondisi jalan saat terjadinya erupsi Gunungapi Merapi dengan memodelkan menggunakan software <i>OmniTRANS</i> 6.6.16 pada kondisi eksisting, kemudian direncanakan skenario untuk mendapatkan model jalur evakuasi yang paling baik pada saat terjadinya erupsi.	Melakukan perbandingan evaluasi kinerja ruas jalan evakuasi berdasarkan MKJI 1997, dengan kondisi lapangan PerMen PU no.19 tahun 2011.	Metode <i>least cost path</i> , pemetaan ulang jaringan jalan yang ditetapkan oleh BPBD Sleman sebagai jalur evakuasi, kemudian melakukan pemilihan jalur dengan parameter kondisi perkerasan, lebar, arah jalur.	Melakukan simulasi arah pergerakan masyarakat dan letak bangunan penyelamat dinilai saat Gelombang Tsunami datang, Kinerja Jalur evakuasi dinilai berdasarkan MKJI 1997 dan persepsi masyarakat sebagai manfaat pada saat terjadi bencana.

Sumber: Masato (2017), Purwoko (2014), Pamungkas (2019), Idris (2016)

Tabel 2.1 Ringkasan Studi Pustaka Penelitian yang pernah dilakukan (3 dari 3)

No.	Parameter	Masato (2017)	Purwoko (2014)	Pamungkas (2019)	Idris (2016)
4.	Hasil	Kinerja jalur evakuasi menggunakan kendaraan pribadi terdapat kemacetan pada beberapa titik, apabila menggunakan kendaraan massal, tidak terjadi kemacetan. Waktu tempuh dengan kendaraan pribadi maupun kendaraan massal, sama-sama memenuhi batas waktu evakuasi yang ditentukan. Kondisi perkerasan jalan jalur evakuasi 54% kondisi baik, 37% sedang, 3% rusak, dan 7% rusak berat.	Kinerja ruas jalur evakuasi menunjukkan nilai kapasitas sebesar 1786.89 SMP/jam untuk kondisi normal, dan 1987.20 SMP/jam untuk kondisi evakuasi pada kondisi eksisiting tahun 2014. Sedangkan untuk tahun 2019 kapasitas jalur didapatkan sebesar 2620.80 SMP/jam dengan pelebaran 0.5 meter disetiap lajurnya.	Beberapa jalur memiliki rute yang hampir sama dengan rute BPBD Sleman, tingkat efektifitas dari jalur evakuasi yang telah dihasilkan tergolong baik, hal tersebut didasari pada hasil validasi dimana kondisi jalur yang memiliki waktu tempuh, jarak yang lebih dekat dan kondisi jalan yang baik.	Kinerja ruas pada dari 3 jalur evakuasi yang diteliti, jika dalam kondisi normal jalur tersebut mampu melayani kendaraan yang lewat karena tidak melebihi V/C ratio > 0,75, sedangkan hasil dari pemilihan jalur berdasarkan persepsi masyarakat hanya 2 jalur yang tingkat pelayanan tidak maksimal atau sudah melebihi nilai V/C ratio > 0,75

Sumber: Masato (2017), Purwoko (2014), Pamungkas (2019), Idris (2016)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 JALAN LUAR KOTA

Menurut Bina Marga (1997) jalan luar kota merupakan segmen jalan yang menerus pada sisi manapun, meskipun mungkin terdapat perkembangan permanen yang sebentar-sebentar terjadi, seperti rumah makan, pabrik atau perkampungan. Tipe jalan luar kota terbagi sebagai berikut ini.

1. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2UD)
2. Jalan empat-lajur dua-arah
 - a. Tak terbagi (tanpa median) (4/2UD)
 - b. Terbagi (dengan median) (4/2D)
3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2D)

3.2 KARAKTERISTIK JALAN

Karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerjanya apabila dibebani lalu lintas. Setiap titik dari jalan tertentu yang mempunyai perubahan penting dalam rencana geometrik, karakteristik arus lalu-lintas atau kegiatan samping jalan, menjadi batas segmen jalan.

3.2.1 Geometrik

Kondisi geometri jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik-beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan (Khoirul, 2011). Pembagian kondisi geometri jalan terbagi seperti uraian berikut ini

1. Lebar jalur lalu lintas, semakin besar lebar jalur maka kapasitas jalan akan semakin meningkat.
2. Karakteristik bahu, kapasitas akan berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat pada tepi ruas jalan.

3. Ada tidaknya median, kapasitas jalan akan meningkat jika median direncanakan dengan baik, namun jika lebar jalan tidak mencukupi maka median lebih baik ditiadakan.
4. Lengkung vertikal, kapasitas dan kinerja jalan akan dipengaruhi oleh dua hal yang disebabkan oleh lengkung vertikal, yaitu jarak pandang yang berkurang akibat pundak bukit dan kecepatan kendaraan yang lambat ketika menaiki tanjakan.
5. Lengkung horisontal, jalan dengan tikungan yang tajam akan membuat kendaraan yang melewatinya bergerak lambat dari pada jalan lurus.
6. Jarak pandang, apabila jarak pandangnya panjang, menyalip akan lebih mudah dan kecepatan serta kapasitas lebih tinggi. Meskipun sebagian tergantung pada lengkung vertikal dan horisontal, jarak pandang juga tergantung pada ada atau tidaknya penghalang pandangan dari tumbuhan, pagar, bangunan dan lain lain.
7. Tipe alinyemen, adalah gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan, dan ditentukan oleh jumlah naik dan turun (m/km) dan jumlah lengkung horisontal (rad/km) sepanjang segmen jalan. Tipe alinyemen umum yang digunakan dalam analisa operasional dan perancangan dalam dilihat pada Tabel 3.1. berikut ini.

Tabel 3.1 Tipe Alinyemen

Tipe alinyemen	Naik + turun (m/km)	Lengkung horisontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1.0
Bukit	10 - 30	1.00 - 2.5
Gunung	> 30	> 2.5

Sumber: Bina Marga (1997)

3.2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan statusnya menurut UU No. 38/2004, jalan terbagi :

1. Jalan Nasional, yaitu jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan strategis serta jalan kolektor.

2. Jalan Provinsi, yaitu jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan Kabupaten, yaitu jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan kota, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan Kota, yaitu jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, mengubungkan antara persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada dalam kota.
5. Jalan Desa, yaitu jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa setra jalan lingkungan.

Sedangkan berdasarkan fungsi jalan menurut UU No. 28/2004, fungsi jalan jalan dibagi seperti uraian berikut ini.

1. Jalan Arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi.
2. Jalan Kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

3.3 ARUS DAN KOMPOSISI LALU LINTAS

Menurut Bina Marga (1997) nilai arus dan komposisi lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) akan

dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan seperti berikut ini.

1. Kendaraan ringan (LV) meliputi mobil penumpang, minibus, truk pick-up dan jeep,
2. Kendaraan berat menengah (MHV) meliputi truk dua gandar dan bus kecil,
3. Bus besar (LB),
4. Truk besar (LT) meliputi truk tiga gandar dan truk gandengan, dan
5. Sepeda motor (MC).

Berdasarkan Bina Marga (1997)) nilai ekuivalensi mobil penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 EMP Jalan Dua Lajur Dua-Arah Tak Terbagi (2/2UD)

Tipe aliyemen	Arus total (kend/Jam)	EMP					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar lajur lalu-lintas		
					< 6m	6-8m	> 8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1400	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber: Bina Marga (1997)

3.4 HAMBATAN SAMPING

Menurut Bina Marga (1997) hambatan samping adalah pengaruh kegiatan disamping ruas jalan terhadap kinerja lalu-lintas yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh didalam pendekatan, adapun hambatan samping seperti berikut ini.

1. Jumlah pejalan kaki yang berjalan dan atau menyebrang (bobot= 0,6),
2. Jumlah perhentian kendaraan dan gerakan parkir (bobot = 0,8),
3. Jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari lahan samping jalan dan jalan samping (bobot = 0,4), dan
4. Arus kendaraan lambat, yaitu arus total (kend/jam) sepeda, becak, delman, pedati dsb.

Pembagian kelas-kelas hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kelas Hambatan Samping

Frekwensi berbobot dari kejadian (kedua sisi jalan)	Kondisi khas	Kelas hambatan samping	
< 50	Pedalaman, pertanian atau tidak berkembang tanpa kegiatan	Sangat Rendah	VL
50 - 149	Pedalaman, beberapa bangunan dan kegiatan disamping jalan	Rendah	L
150 - 249	Desa, kegiatan dan angkutan lokal	Sedang	M
250 - 350	Desa, beberapa kegiatan pasar	Tinggi	H
> 350	Hampir perkotaan, pasar/kegiatan perdagangan	Sangat Tinggi	VH

Sumber: Bina Marga (1997)

3.5 KECEPATAN ARUS BEBAS

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan Bina Marga

(1997). Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum seperti berikut ini.

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC} \quad (3.1)$$

Keterangan:

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

FV_0 = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati

FV_w = Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian untuk kondisi hambatan samping

FFV_{RC} = Faktor penyesuaian untuk kelas fungsi jalan

3.5.1 Kecepatan Arus Bebas Dasar

Untuk menentukan kecepatan arus bebas kendaraan pada kondisi lapangan maka dapat digunakan tabel dibawah ini, catatan untuk jalan dua-lajur dua-arah kecepatan bebas merupakan fungsi dari kelas jarak pandang. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar Kota (FV_0)

Tipe jalan/ Tipe alinyemen/ (kelas jarak pandang)	Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)				
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat menengah MHV	Bus besar LB	Truck besar LT	Sepeda motor MC
Dua-lajur tak terbagi					
- Datar SDC: A	68	60	73	58	55
- Datar SDC: B	65	57	69	55	54
- Datar SDC: C	61	54	63	52	53
- Bukit	61	52	62	49	53
- Gunung	55	42	50	38	51

Sumber: Bina Marga (1997)

3.5.2 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur

Untuk menentukan penyesuaian kecepatan akibat lebar lajur lalu-lintas diperlukan data-data berdasarkan lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) dan tipe alinyemen. Untuk lebih lengkap bisa dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Penyesuaian Akibat Lebar Lajur Lalu-Lintas (FVw)

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu-lintas (W_c) (m)	FVw (km/jam)		
		Datar: SDC = A,B	-Bukit: SDC = A,B,C -Datar: SDC = C	Gunung
Dua-lajur tak terbagi	5	-11	-9	-7
	6	-3	-2	-1
	9	2	2	1
	10	3	3	2
	11	3	3	2

Sumber: Bina Marga (1997)

3.5.3 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping

Untuk menentukan faktor penyesuaian akibat hambatan samping berdasarkan fungsi lebar bahu jalan efektif dan tingkat hambatan samping maka dapat digunakan Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	≥ 2
Dua-lajur tak terbagi 2/2UD	Sangat Rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,91	0,92	0,93	0,97
	Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
	Sangat tinggi	0,76	0,79	0,82	0,93

Sumber: Bina Marga (1997)

3.5.4 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Kelas Fungsional Jalan

Untuk menentukan faktor penyesuaian akibat kelas fungsional jalan (guna lahan/pengembangan) dapat digunakan Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Akibat Kelas Fungsional Jalan (FFV_{RC})

Tipe Jalan	Faktor penyesuaian (FFV_{RC})				
	Pengembangan samping jalan (%)				
Dua-lajur tak terbagi 2/2UD	0	25	50	75	100
Arteri	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88
Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber: Bina Marga (1997)

3.6 KECEPATAN RENCANA

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh hambatan jalan yang tidak berarti. Adapun kelas kecepatan rencana seperti pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Kecepatan Rencana (V_R), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana (V_R) km/jam		
	Datar	Bukit	Pengunungan
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

Sumber: Bina Marga (1997)

3.7 KAPASITAS JALAN

Menurut Bina Marga (1997) kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik jalan per satuan jam pada kondisi tertentu. Nilai kapasitas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, kapasitas juga diperkirakan dari analisa kondisi iringan lalu lintas dan secara teoritis dengan mengasumsikan hubungan matematik antara kerapatan, kecepatan dan arus. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Untuk menentukan kapasitas digunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/jam)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor pnyesuaian akibat lebar jalur lalu-lintas

FC_{SP} = Faktor pnyesuaian akibat pemisah arah

FC_{SF} = Faktor pnyesuaian akibat hambatan samping

3.7.1 Kapasitas Dasar

Menurut Bina Marga (1997) nilai kapasitas dasar (C_0) ditentukan berdasarkan pengaruh tipe alinyemen/tipe jalan. Nilai-nilai kapasitas dasar bisa dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota (2/2 UD)

Tipe jalan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam)
Dua lajur tak-terbagi	
1.Datar	3100
2.Bukit	3000
3.Gunung	2900

Sumber: Bina Marga (1997)

3.7.2 Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu-Lintas

Menurut Bina Marga (1997) faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas ditentukan berdasarkan lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) seperti pada Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) (m)	FC_w
Dua-lajur tak terbagi, total dua arah	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber: Bina Marga (1997)

3.7.3 Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah

Menurut Bina Marga (1997) faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah ditentukan berdasarkan pada data kondisi lalu lintas dan hanya pada jalan tak terbagi. Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber: Bina Marga (1997)

Faktor penyesuaian pemisahan arah membutuhkan nilai pemisahan arah agar bisa ditentukan nilai faktornya. Nilai pemisahan arah (SP) dapat dicari dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$SP = Q_{DH1} / Q_{DH1+2} \quad (3.3)$$

Keterangan:

SP = Pemisah arah (%)

Q_{DH1} = Arus total arah 1 (kend/jam)

Q_{DH1+2} = Arus total arah 1 + 2 (kend/jam)

3.7.4 Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

Untuk menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping ditentukan berdasarkan pada lebar efektif bahu (W_s) dan kelas hambatan samping (SFC). Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe jalan	Kelas Hambatan	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping			
		Lebar bahu efektif (W_s)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber: Bina Marga (1997)

3.8 DERAJAT KEJENUHAN

Menurut Bina Marga (1997) derajat kejenuhan (DS) adalah rasio arus terhadap kapasitas, derajat kejenuhan adalah faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja suatu simpang dan segmen jalan. Untuk menentukan derajat kejenuhan digunakan persamaan berikut.

$$DS = Q/C \quad (3.4)$$

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus total lalu-lintas (smp/jam)

C = Kapasitas lalu-lintas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, derajat kejenuhan digunakan untuk analisa perilaku lalu lintas berupa kecepatan. Persyaratan nilai DS dalam standar Bina Marga (1997) adalah $\leq 0,75$. Penentuan kecepatan rata-rata dilakukan dengan menggunakan grafik kecepatan sebagai fungsi DS. Untuk mencari DS maka dibutuhkan nilai DS dan nilai kecepatan arus bebas. Nilai kecepatan yang didapat digunakan untuk mencari waktu tempuh dan waktu tempuh untuk mengetahui perilaku lalu lintas. Untuk menentukan waktu tempuh digunakan Persamaan 3.5 dan Gambar 3.1 grafik kecepatan derajat kejenuhan.

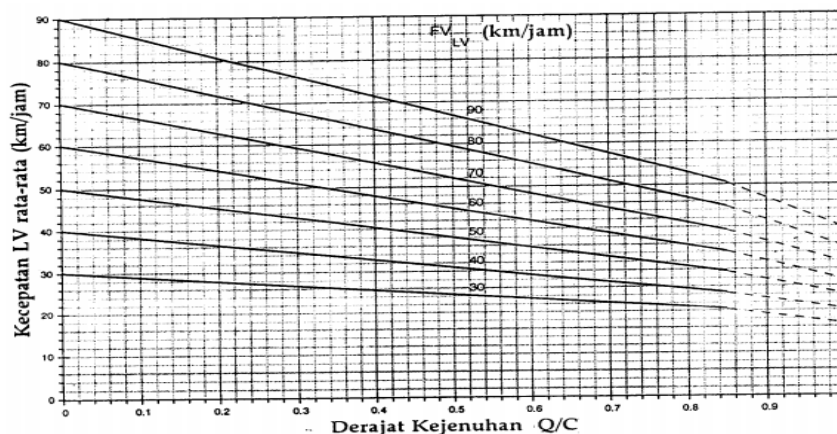
$$TT = L / V_{LV} \quad (3.5)$$

Keterangan:

TT = Waktu tempuh rata-rata (jam)

L = Panjang segmen (km)

V_{LV} = Kecepatan rata-rata (km/jam)



Gambar 3.1 Grafik Kecepatan Sebagai Fungsi Dari Derajat Kejenuhan

Pada Jalan 2/2 UD

Sumber: Bina Marga (1997)

3.9 KECEPATAN

Menurut Bina Marga (1997) menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan. Kecepatan didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata ruang kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan. Untuk menentukan kecepatan dapat digunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$V = L/TT \quad (3.6)$$

Keterangan:

V = Kecepatan rata-rata kendaraan (jam)

L = Panjang segmen (km)

TT = Waktu tempuh rata-rata sepanjang segmen (km/jam)

3.10 JENIS DAN FUNGSI LAPIS PERKERASAN

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja, sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan menurut Sukirman (1999) dapat dibedakan atas :

- a. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kontruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Kontruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perkerasan lentur adalah pekerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya dan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Menurut Sukirman (1999) lapisan tersebut sebagai berikut.

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
 - a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, yang permukaannya tidak licin.
 - b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
 - c. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
 - d. Lapisan yang mendukung dan menyebarkan beban vertikal maupun horizontal/gaya geser dari beban kendaraan.
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
 - a. Lapisan pendukung bagi lapis permukaan.
 - b. Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Penahan gaya melintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
 - a. Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 - b. Sebagai lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
 - c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian-bagian lapis perkerasan yang lain.

3.11 PAVEMENT CONDITION INDEX

PCI (*pavement condition index*) adalah metode untuk mendeskripsikan kerusakan pada lapisan permukaan perkerasan jalan yang diukur berdasarkan tingkat kerusakan tersebut. Nilai *PCI* bervariasi antara 0-100, masing-masing menunjukkan klasifikasi tertentu yaitu sempurna (*excellent*), sangat baik (*very*

good), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*), gagal (*failed*).

Tingkat dalam menentukan nilai *PCI* pada suatu jalan harus melalui beberapa tahap seperti: mengidentifikasi jenis kerusakan, mengidentifikasi tingkat kerusakan dan menilai standart penilaian yang telah ditetapkan. Metode *PCI* memberikan informasi kondisi perkerasan jalan hanya pada saat survei dilakukan yang didasarkan pada hasil kondisi visual, tidak dapat memberikan gambaran dimasa yang akan datang.

3.11.1 Tingkat Kerusakan

Penilaian tingkat kerusakan (*severity level*) pada setiap jenis-jenis kerusakan lapis permukaan jalan untuk menentukan nilai *PCI* menurut FAA (*Federal Aviation Administration*) dibagi menjadi 3 tingkatan kerusakan dari setiap jenis-jenis kerusakan yang akan ditinjau yaitu :

- a. *Low Severity Level* (L)
- b. *Medium Severity Level* (M)
- c. *High Severity Level* (H)

Berdasarkan jenis kerusakan yang ada dalam penelitian. Ada beberapa jenis-jenis kerusakan yang tidak dibedakan dengan severity level yaitu: *jet blast erosion*, *oil spillage* dan *polished aggregate*.

3.12 JENIS KERUSAKAN PERKERASAN DAN PENYEBABNYA

Dalam mengevaluasi kerusakan perkerasan jalan perlu diketahui jenis kerusakan, tingkat kerusakan, jumlah kerusakan dan penyebabnya. Sehingga dapat ditentukan cara perbaikan yang tepat dalam pemeliharaan perkerasan tersebut.

Jenis-jenis kerusakan pada perkerasan menurut manual pemeliharaan jalan Bina Marga No. 03/MN/B/1983 tentang “Manual Pemeliharaan Jalan, Jenis Kerusakan Jalan” dan penilaian jenis kerusakan yang memiliki severity level dan cara perbaikannya menurut Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007) antara lain :

3.12.1 Retak (*Cracking*)

Retak adalah suatu gejala kerusakan pada permukaan perkerasan jalan sehingga menyebabkan air pada permukaan masuk ke lapisan dibawahnya. Hal ini merupakan faktor yang akan memperluas atau memperparah kerusakan dipermukaan jalan. Jenis kerusakan perkerasan ini terbagi lagi menjadi seperti berikut ini.

a. Retak Halus (*Hair Cracking*)

Retak halus adalah retak dengan kerusakan lebar celah lebih dari 3mm, penyebaran setempat/luas, meresap air, berkembang menjadi retak kulit buaya. Penyebabnya adalah penggunaan bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan dibawah lapis permukaan kurang stabil.

b. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retak kulit buaya adalah retak dengan kerusakan lebar celah lebih dari 3 mm, saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya, meresapkan air dan akan berkembang menjadi lubang akibat pelepasan butiran.

Penyebab kerusakan adalah bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, air/drainase kurang baik dan tanah dasar/bagian perkerasan dibawah lapisan permukaan kurang stabil. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*) (1 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lainnya, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal.	Belum perlu diperbaiki, Penutup permukaan, lapisan tambahan (<i>overlay</i>)

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Tabel 3.13 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*) (2dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal ringan.	Penambahan parsial atau di seluruh kedalaman, lapisan tambahan, rekontruksi
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan terjadi gompal dipinggir.	Penambahan parsial, atau diseluruh kedalaman lapisan tambahan rekontruksi.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar retak kulit buaya (*Alligator Cracking*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



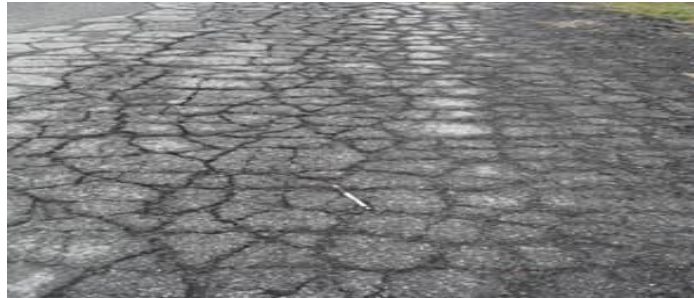
Gambar 3.2 *Low Severity Level* pada Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.3 *Medium Severity Level* pada Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.4 *High Severity Level* pada Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

c. Retak Pinggir (*Edge Crack*)

Retak pinggir adalah retak memanjang dengan atau tanpa cabang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu jalan, meresapkan air, berkembang menjadi besar diikuti pelepasan butiran pada tepi retak.

Penyebabnya adalah sokongan dari samping kurang, drainase kurang baik, penyusutan tanah disekitarnya atau terjadi penurunan tanah di daerah tersebut. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Pinggir (*Edge Crack*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Retak sedikit sampai dengan tanpa pecahan atau butiran lepas	Belum perlu diperbaiki, penutupan retak untuk retakan > 3mm
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas	Penutup retak, penambahan parsial
H	Banyak pecahan atau butiran lepas disepanjang tepi perkerasan.	Penambahan parsial.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar retak pinggir (*Edge Crack*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.5, Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.



Gambar 3.5 *Low Severity Level* pada Retak Pinggir (*Edge Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.6 *Medium Severity Level* pada Retak Pinggir (*Edge Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.7 *High Severity Level* pada Retak Pinggir (*Edge Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

d. Retak Memanjang (*Longitudinal Cracking*)

Retak memanjang pada perkerasan dapat terjadi dalam bentuk tunggal atau berderet yang sejajar dan kadang-kadang sedikit bercabang.

Penyebab kerusakan akibat faktor muai susut aspal pada permukaan perkerasan atau sambungan yang kurang baik. Kurangnya ikatan antara bagian-bagian perkerasan selama pelaksanaan yang mengakibatkan

timbulnya retakan memanjang. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.15 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Memanjang (*Longitudinal Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	1.Retak tidak terisi, lebar < 3/8 in (10 mm) atau 2.Retak terisi sembarang lebar	Belum perlu diperbaiki, pengisi retakan (seal crack) > 1/8 in
M	1.Retak tidak terisi, lebar 3/8-3 in (10-76 mm), 2.Retak tidak terisi, sembarang lebar sampai 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan, dan 3.Retak tidak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak agak acak.	Penutup retakan
H	1.Sembarang retak terisi atau tidak dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi. 2.Retak tidak terisi > 3 in (76 mm), dan 3.Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah.	Penutupan retakan penambahan kedalam parsial.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Retak Memanjang (*Longitudinal Cracking*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.7, Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3.8 *Low Severity Level* pada Retak Memanjang

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.9 *Medium Severity Level* pada Retak Memanjang

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.10 *High Severity Level* pada Retak Memanjang

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

e. Retak Slip (*Shrinkage Crack*)

Retak slip disebabkan oleh pengereman dan putaran arah roda yang mengakibatkan permukaan perkerasan meluncur dan berubah bentuk. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.16 berikut.

Tabel 3.16 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Slip (*Shrinkage Crack*) (1 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Retak rata-rata memiliki lebar < 3/8 in (10 mm)	Belum perlu diperbaiki, penambalan parsial
M	1.Retak rata-rata 3/8-1,5 in (10-38 mm) 2.Area disekitar retakan pecah, kedalam pecahan-pecahan terikat	Penambahan parsial

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007).

Tabel 3.16 Lanjutan Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Slip (*Shrinkage Crack*) (2 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
H	1. Retak rata-rata > 1/2 in (> 38 mm) 2. Area di sekitar retakan, pecah kedalam pecahan-pecahan mudah terbongkar	Penambahan parsial.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Retak Slip (*Shrinkage Crack*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.11, Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



Gambar 3.11 *Low Severity Level* pada Retak Slip (*Shrinkage Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.12 *Medium Severity Level* pada Retak Slip (*Shrinkage Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.13 *High Severity Level* pada Retak Slip (*Shrinkage Crack*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

f. Retak Melintang (*Transversal Cracking*)

Retak melintang merupakan retakan tunggal (tidak bersambungan satu sama lain) yang melintang pada perkerasan jalan.

Penyebabnya akibat penyusutan bahan pengikat pada lapis pondasi dan tanah dasar, sambungan pelaksanaan atau retak susut (akibat temperatur rendah atau pergeseran) aspal pada lapis permukaan, kegagalan struktur lapis pondasi, dan pengaruh perubahan suhu atau kurangnya pemadatan. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3.17 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Melintang (*Transversal Cracking*) (1 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	1.Retak tidak terisi, lebar < 3/8 in (10mm) 2.Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)	Belum perlu diperbaiki, pengisian untuk kerusakan yang melebihi 1/8 in (3mm)

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Tabel 3.17 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Melintang (*Transversal Cracking*) (2 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
M	1.Retak tidak terisi, lebar 3/8-1,5 in (10-38 mm) 2.Retak tidak terisi sembarang lebar sampai 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3.Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan	Penutup retakan
H	1.Sembarang retak tidak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2.Retak tidak terisi dari 3 in (76 mm) 3.Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecah).	Penambahan kedalaman parsial, penutupan retakan

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar retak melintang (*transversal cracking*), dilihat pada Gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14 Retak Melintang (*Transversal Cracking*)

Sumber: Widodo (2009)

g. Retak Blok (*Block Cracking*)

Retak blok berbentuk blok-blok besar yang saling bersambungan, dengan ukuran sisi blok antara 0,2 sampai dengan 3 meter, dan sapat membentuk sudut pojok yang tajam. Retak blok biasanya terjadi pada area yang luas pada

perkerasan aspal, tapi kadang-kadang hanya terjadi pada area yang jarang dilalui lalu lintas. Jenis kerusakan retak blok berbeda dengan retak kulit buaya yang bentuknya lebih kecil dan lebih banyak pecahan-pecahan dengan sudut tajam. Penyebab kerusakan retak blok dipengaruhi oleh beban lalu lintas. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut.

Tabel 3.18 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Retak Blok (*Block Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah	Penutupan retak bila retak melebihi 3 mm, penutup permukaan
M	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang	Penutupan retak, mengembalikan permukaan, dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan
H	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>), mengembalikan permukaan, dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Retak Blok (*Block Cracking*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.15, Gambar 3.16 dan Gambar 3.17.



Gambar 3.15 *Low Severity Level* pada Retak Blok (*Block Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.16 *Medium Severity Level* pada Retak Blok (*Block Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.17 *High Severity Level* pada Retak Blok (*Block Cracking*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

3.12.2 Perubahan Bentuk (*Distortion*)

Distortion terjadi akibat kondisi tanah dasar yang lemah dan pemadatan yang kurang baik pada lapis pondasi, Sehingga terjadi pemadatan tambahan akibat repetisi beban lalu lintas. Jenis-jenis perubahan bentuk (*distortion*) terbagi lagi menjadi :

a. Alur (*Rutting*)

Terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang dapat menimbulkan retak-retak sehingga mengurangi tingkat kenyamanan dan keamanan.

Alur disebabkan oleh lapisan permukaan yang kurang padat sehingga pada saat masa pelayanan lapis permukaan mengalami pemadatan tambahan akibat repetisi beban lalu lintas. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat mengakibatkan deformasi plastis. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.19 berikut.

Tabel 3.19 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Alur (*Rutting*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kedalaman alur rata-rata 1/4 -1/2 in (6-13 mm)	Belum perlu diperbaiki, lapisan tambahan
M	Kedalaman alur rata-rata 1/2 in – 1 in (13-25,5 mm)	Penutupan retakan
H	Kedalaman alur rata-rata 1 in (25,4 mm)	Penambahan kedalaman parsial, penutupan retakan.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Alur (*Rutting*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.18, Gambar 3.19 dan Gambar 3.20.



Gambar 3.18 *Low Severity Level* pada Alur (*Rutting*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.19 *Medium Severity Level* pada Alur (*Rutting*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.20 *High Severity Level* pada Alur (*Rutting*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

b. Keriting (*Corrugation*)

Alur yang terjadi melintang jalan dengan timbulnya permukaan yang keriting, dapat mengurangi kenyamanan pengendara.

Penyebabnya adalah rendahnya stabilitas campuran yang berasal dari kadar aspal yang terlalu tinggi, terlalu banyak menggunakan agregat halus dan permukaan berpenetrasi tinggi. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.20 berikut.

Tabel 3.20 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Keriting (*Corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Keriting sedikit dan tidak begitu mempengaruhi kualitas perkerasan	Belum perlu diperbaiki
M	Keriting sangat nyata dan sedikit mempengaruhi kualitas perkerasan	Rekontruksi
H	Keriting sangat menyolok dan sangat mempengaruhi kualitas perkerasan, terutama kurang nyaman dalam berlalu-lintas	Rekontruksi

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Keriting (*Corrugation*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.21, Gambar 3.22 dan Gambar 3.23.



Gambar 3.21 *Low Severity Level* pada Keriting (*Corrugation*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.22 *Medium Severity Level* pada Keriting (*Corrugation*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.23 *High Severity Level* pada Keriting (*Corrugation*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

c. Sungkur (*Shoving*)

Deformasi plastis yang terjadi setempat, ditempat biasanya kendaraan berhenti, kelandaian curam dan tingkungan tajam.

Penyebabnya sama dengan kerusakan keriting dan dapat terjadi dengan atau tanpa retak.

d. Amblas (*Depression*)

Amblas adalah kerusakan penurunan setempat, dengan atau tanpa retak, menampung dan meresapkan air, kedalaman kerusakan ini umumnya 2 cm dan dapat menimbulkan lubang.

Penyebabnya adalah akibat beban/berat kendaraan yang berlebihan, pelaksanaan yang kurang baik, penurunan bagian perkerasan akibat tanah dasar. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.21 berikut.

Tabel 3.21 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Amblas (*Depression*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kedalaman Maksimum amlas 1/2 – 1 in (13-25 mm)	Belum perlu diperbaiki
M	Kedalaman Maksimum amlas 1 – 2 in (25-51 mm)	Penambahan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman
H	Kedalaman Maksimum amlas > 2 in (51 mm).	Penambahan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Amblas (*Depression*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.24, Gambar 3.25 dan Gambar 3.26.



Gambar 3.24 *Low Severity Level* pada Amblas (*Depression*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.25 *Medium Severity Level* pada Amblas (*Depression*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.26 *High Severity Level* pada Amblas (*Depression*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

e. Jembul (*Upheaval*)

Jembul yaitu mengembangnya lapisan permukaan membentuk cembung terjadi setempat dengan atau tanpa retak, menghambat pengaliran air/meresapkan air, akan berkembang menjadi lubang di pingir-pinggirnya.

Penyebabnya akibat adanya pergerakan dan pengembangan tanah dasar atau perkerasan dan tanah dasar yang ekspansif.

Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.22 berikut.

Tabel 3.22 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Jempul (*Upheaval*) (1 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat didekteksi dengan kendaraan cepat.	Belum perlu diperbaiki

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Tabel 3.22 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Jempul (*Upheaval*) (2 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
M	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan pengendara	Belum perlu diperbaiki, rekontruksi
H	Pengembangan menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan pengendara.	Rekontruksi

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar jembul (*upheaval*), dilihat pada Gambar 3.27 berikut.



Gambar 3.27 Jembul (*Upheaval*)

Sumber: Neal (2011)

3.12.3 Cacat Permukaan (*Disintegration*)

Cacat permukaan yaitu kerusakan yang mengarah secara kimiawi dan mekanis dari lapis perkerasan. Jenis kerusakan ini terbagi seperti berikut.

a. Lubang (*Potholes*)

Berbentuk mangkuk atau cekungan dengan ukuran yang bervariasi. Lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan menyebabkan makin parahnya kerusakan jalan.

Penyebabnya karena campuran material perkerasan yang jelek seperti kadar aspal rendah, agregat yang kurang baik, temperatur campuran yang tidak memenuhi syarat. Akibat lain adalah lapis permukaan yang tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas, sistem drainase yang jelek,

dan retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap dan menimbulkan lubang-lubang kecil.

Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.23 berikut.

Tabel 3.23 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Lubang (*Potholes*)

Kedalaman Maksimum	Diameter Rata-Rata Lubang		
	4-8 in (102-203 mm)	4-8 in (102-203 mm)	4-8 in (102-203 mm)
1/2 -1 in (12,7-25,4 mm)	L	L	M
1/2 -1 in (12,7-25,4 mm)	L	M	H
1/2 -1 in (12,7-25,4 mm)	M	M	H
L : Belum diperbaiki, penambahan parsial atau diseluruh kedalaman M : Penambahan parsial atau diseluruh kedalaman H : Penambahan diseluruh kedalaman			

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Lubang (*Potholes*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.28, Gambar 3.29 dan Gambar 3.30.



Gambar 3.28 *Low Severity Level* pada Lubang (*Potholes*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.29 *Medium Severity Level* pada Lubang (*Potholes*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.30 *High Severity Level* pada Lubang (*Potholes*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

b. Pelepasan Butiran (*Ravelling*)

Pelepasan butiran dapat terjadi secara meluas disebabkan oleh hal-hal yang terjadi pada lubang seperti partikel batuan dan hilangnya bahan pengikat aspal. Bila pelepasan butiran berlanjut, kehilangan batuan yang lebih besar akan terjadi dan kelihatan bergigi. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.24 berikut.

Tabel 3.24 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Pelepasan Butiran (*Ravelling*) (1 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. dibebberapa tempat, permukaan mulai berlubang, jika ada tumpahan oli, genangan oli dapat terlihat, tapi permukaannya keras, tidak dapat ditembus mata uang logam	Belum perlu diperbaiki, penutup permukaan, perawatan permukaan

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Tabel 3.24 Lanjutan Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Pelepasan Butiran (*Ravelling*) (2 dari 2)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
M	Agregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak dapat ditembus mata uang logam	Penutup permukaan, perawatan permukaan, lapis tambahan
H	Agregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter lubang < 4 in (10 mm) dan kedalaman 1/2 in (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini, dihitung sebagai kerusakan lubang. Jika ada tumpahan oli, permukaannya lunak, pengikat aspal yang telah hilang ikatannya sehingga agregat menjadi longgar	Penutup permukaan, perawatan permukaan, lapis tambahan, rekontruksi.

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Pelepasan Butiran (*Ravelling*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.31, Gambar 3.32 dan Gambar 3.33.



Gambar 3.31 *Low Severity Level* pada Pelepasan Butiran (*Ravelling*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.32 *Medium Severity Level* pada Pelepasan Butiran (*Ravelling*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.33 *High Severity Level* pada Pelepasan Butiran (*Ravelling*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

c. **Pengelupasan Lapis Permukaan**

Pengelupasan lapis permukaan adalah terangkatnya dan terlepasnya lapisan permukaan sehingga terlihat lapisan dibawahnya.

Hal ini disebabkan karena adanya rembesan air lewat aspal (khususnya lewat retakan) sehingga kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapisan dibawahnya atau terlalu tipisnya lapisan permukaan.

Contoh gambar pengelupasan lapisan permukaan dilihat pada Gambar 3.34 berikut.



Gambar 3.34 Pengelupasan Lapisan Permukaan

Sumber: *Neal* (2011)

3.12.4 Pengausan (*Polished Aggregate*)

Lapisan permukaan yang berubah yang harusnya kesat menjadi licin karena telah hilang kekasaran pada agregat. Kondisi kerusakan ini dapat membahayakan pengendara.

Hal ini disebabkan karena agregat yang digunakan tidak tahan aus terhadap roda kendaraan atau agregat yang digunakan berbentuk bulat dan licin.

Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.25 berikut.

Tabel 3.25 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Pelepasan Pengausan (*Polished Aggregate*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
	Tidak ada definisi derajat kerusakan, tetapi derajat-derajat kelicinan harus nampak signifikan, sebelum dilibatkan dalam survei kondisi dan dinilai sebagai kerusakan.	Belum perlu diperbaiki, perawatan permukaan, lapisan tambahan

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar pengelupasan lapisan permukaan dilihat pada Gambar 3.35 berikut.



Gambar 3.35 Pelepasan Pengausan (*Polished Aggregate*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

3.12.5 Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Lapisan tipis pada permukaan jalan yang menimbulkan kilauan seperti kaca. Permukaan jalan menjadi licin karena pada saat temperatur yang tinggi (pada saat

cuaca panas), aspal menjadi lunak kemudian pada saat menerima beban kendaraan aspal akan naik dan menggupal di permukaan perkerasan.

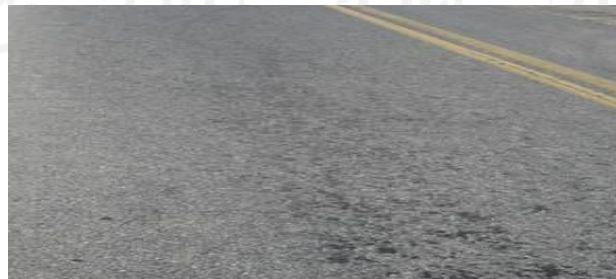
Hal ini disebabkan karena pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal atau rendahnya kandungan rongga udara. Pengelompokan tingkat kerusakan (*Severity Level*) dan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.26 berikut.

Tabel 3.26 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan pada Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah, dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan	Belum perlu diperbaiki
M	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun	Tambahan pasir/agregat dan padatkan
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.	Tambahan pasir/agregat dan padatkan

Sumber: Shahin (1994) dan Hardiyatmo (2007)

Contoh gambar Kegemukan (*Bleeding or Flushing*) berdasarkan *severity level*, dilihat pada Gambar 3.36, Gambar 3.37 dan Gambar 3.38.



Gambar 3.36 *Low Severity Level* pada Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.37 *Medium Severity Level* pada Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)



Gambar 3.38 *High Severity Level* pada Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Sumber: *Federal Aviation Administration* (2010)

3.13 STANDAR PENILAIAN

Dalam pengukuran nilai *PCI* dibedakan atas Standar penilaian antara lain Kerapatan (*Density*), Nilai Pengurangan (*Deduct Value*), Nilai Pengurangan Total (*Total Deduct Value*), Nilai Pengurang Terkoreksi (*Corrected Deduct Value*), dan Klasifikasi Kualitas Perkerasan atau Tingkat Penilaian (*Ratting*).

3.13.1 Kerapatan (*Density*)

Density atau kadar kerusakan adalah persentase luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu segmen yang diukur dalam meter persegi atau meter panjang. Nilai *density* suatu jenis kerusakan dibedakan atas tingkat kerusakannya (*Severity Level*). Nilai *density* dihitung berdasarkan persamaan 3.7 (Shanin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007) :

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (3.7)$$

atau persamaan 3.8 :

$$Density = \frac{Ld}{As} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dengan :

Ad = Luas total jenis kerusakan untuk tiap severity level (m²),

As = Luas total unit segmen (m²),

Ld = Panjang total jenis kerusakan untuk tiap severity level (m¹).

3.13.2 Nilai Pengurang (*Deduct Value*)

Nilai pengurang (*deduct value*) adalah nilai terkurangi untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva antar *density* dan *deduct value*. *Deduct value* juga dibedakan atas tingkatan kerusakan (*severity level*) untuk setiap jenis kerusakan. Adapun grafik *deduct value* dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.13.3 Nilai Pengurangan Total (*Total Deduct Value, TDV*)

Total Deduct Value (TDV) adalah nilai total dari nilai pengurang (*deduct value*) untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit segmen.

3.13.4 Nilai Pengurangan Terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)

Corrected Deduct Value (CDV) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan CDV dengan pemilihan lengkung kurva yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai *individualdeduct value* yang tertinggi, maka nilai CDV yang digunakan adalah nilai *individualdeduct value* yang tertinggi. Jika nilai *corrected deduct value* telah diketahui maka nilai PCI untuk tiap unit segmen pada Persamaan 3.9 berikut.

$$PCI (s) = 100 - CDV \quad (3.9)$$

Keterangan :

PCI (s) = Pavement Condition Index untuk setiap unit segmen

CDV = *Corrected Deduct Value* untuk setiap unit segmen

Untuk nilai PCI dari perkerasan lentur secara keseluruhan didapat dari Persamaan 3.10.

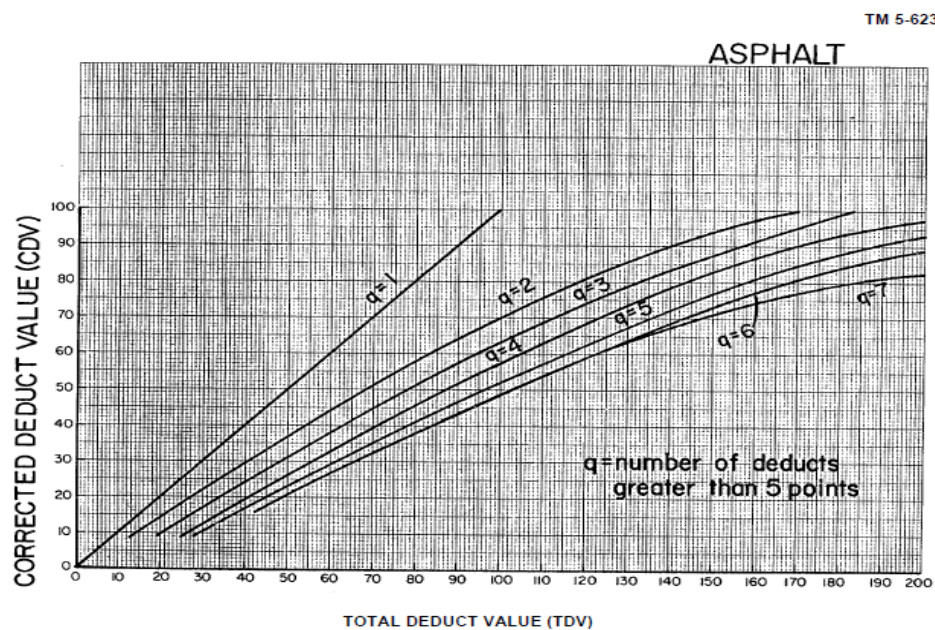
$$PCI(f) = \frac{\sum PCI(s)}{N} \quad (3.10)$$

Keterangan :

$PCI(f)$ = Nilai PCI perkerasan lentur keseluruhan,

$PCI(s)$ = Nilai PCI untuk tiap segmen

N = Jumlah segmen



Gambar 3.39 *Corrected Deduct Value*

Sumber: FAA AC:150/5380-6 (1982)

3.13.5 Klasifikasi Kualitas Perkerasan (*Rating*)

Dari nilai PCI (0-100) untuk masing-masing unit segmen agar dapat diketahui kualitas lapis perkerasan dari unit segmen berdasarkan klasifikasi tertentu yaitu *excellent*, *very good*, *good*, *fair*, *poor*, *very poor*, dan *failed*. Klasifikasi kualitas perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.27 berikut.

Tabel 3.27 *Rating Nilai PCI*

Nilai	Rating
86-100	Sempurna (<i>Excellent</i>)
71-85	Sangat Baik (<i>Very Good</i>)
56-70	Baik (<i>Good</i>)
41-55	Sedang (<i>Fair</i>)
26-40	Jelek (<i>Poor</i>)
11-25	Sangat Jelek (<i>Very Poor</i>)
0-10	Gagal (<i>Failed</i>)

Sumber: FAA (1982)

3.14 ANALISIS WAKTU EVAKUASI PENDUDUK

Menurut Wiryanto 2011, analisis evakuasi penduduk yang melalui prasarana jalan dilaksanakan dengan tahapan berikut :

1. Perhitungan kapasitas jalan (C),
2. Perhitungan kapasitas jalan selama kegiatan evakuasi (Cevakuasi),
3. Perhitungan bangkitan kendaraan selama waktu evakuasi (TG), dan
4. Perhitungan waktu evakuasi (t).

Nilai Cevakuasi dihitung dengan mempertimbangkan tingkat kejenuhan jalan. Untuk menentukan nilai Cevakuasi dapat dilihat pada Persamaan 3.11 berikut.

$$\text{Cevakuasi} = DS \times C \quad (3.11)$$

Keterangan:

Cevakuasi = Kapasitas jalan selama kegiatan evakuasi

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas jalan

Nilai jumlah kendaraan yang digunakan untuk keperluan evakuasi (TG) diasumsikan sebesar jumlah kendaraan yang disiapkan untuk evakuasi penduduk. Untuk menentukan waktu evakuasi penduduk (t) dapat digunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$t = \frac{TG}{C_{\text{evakuasi}}} \quad (3.12)$$

Keterangan:

t = Waktu evakuasi

TG = Jumlah kendaraan yang disiapkan untuk keperluan evakuasi

C_{evakuasi} = Kapasitas jalan selama kegiatan evakuasi

3.15 PEMODLEAN TRANSPORTASI

Pemodelan pada jalur evakuasi merupakan salah satu hal yang penting, dalam pertimbangan untuk meningkatkan kualitas mitigasi bencana yang berdampak pada orang banyak. Data awal yang digunakan dalam penyusunan model sangat mempengaruhi model yang akan terbentuk. Semakin sama dan sesuai antara model yang terbentuk dan kondisi lapangan maka semakin baik, karena model tersebut sudah dapat mewakili kondisi lapangan yang ada.

Menurut Tamin (2000) analisis dasar model yang dapat digunakan untuk pembebanan lalu lintas, antara lain.

1. Model *All-Or-Nothing*

Metode ini mengasumsikan bahwa proporsi pengendara dalam memilih rute yang diinginkan hanya tergantung pada asumsi pribadi, ciri fisik setiap ruas jalan yang akan dilaluinya, dan tidak tergantung pada tingkat kemacetan. Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Jika semua pengendara memperkirakan biaya ini dengan cara yang sama, pastilah mereka memilih rute yang sama. Biaya ini dianggap tetap dan tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

Model *all-or-nothing* merupakan model yang paling sederhana dan efisien, sehingga sangat sering digunakan. Dengan mengetahui rute terbaik antar zona yang setiap pergerakannya dibebankan ke jaringan jalan melalui rute terbaik tersebut, maka total arus untuk setiap ruas jalan bisa dihitung. Model ini merupakan model

tercepat dan termudah dan sangat berguna untuk jaringan jalan yang tidak begitu rapat yang hanya mempunyai beberapa rute alternatif saja.

2. Model Stokastik

Model ini merupakan model pemilihan rute yang mengasumsikan pengendara akan memilih rute tercepat, namun tidak yakin mana rute tercepat itu. Indikator yang digunakan pengendara untuk memilih rute tercepat adalah waktu tempuh. Pada suatu sistem jalan raya, khususnya pada saat volume arus lalu lintas mendekati kapasitas, banyak terdapat rute alternatif lain yang bervariasi tergantung pada jarak dan waktu tempuhnya. Model stokastik dianggap lebih realistis karena menyebarkan arus yang ada ke rute alternatif dengan memperhatikan kecenderungan pengendara memilih rute.

Menurut Black (1981) dalam Tamin (2000), model ini masih mengabaikan hubungan antara arus dengan biaya, tetapi telah memperhitungkan variasi antara persepsi perorangan terhadap waktu tempuh. Perbedaan model stokastik dan *model all-or-nothing* adalah pemakai jalan pada model stokastik disebarkan ke beberapa alternatif jalan. Model stokastik berbeda dengan model *all-or-nothing*, namun keduanya masih mengabaikan tingkat kemacetan.

3. Model Batasan-Kapasitas

Model ini sangat berkaitan dengan tingkat kemacetan di daerah kajian yang akan diteliti. Oleh karena itu, model batasan-kapasitas tidak hanya bergantung pada asumsi pengendara dan ciri jaringan saja namun juga pada arus lalu lintas. Pada keadaan macet, biaya yang dikeluarkan sesuai dengan jumlah arusnya. Sehingga disimpulkan bahwa, tingkat kemacetan, rute alternatif, biaya dan ide pengendara merupakan faktor penting yang menentukan model pemilihan rute pada model batasan-kapasitas.

Keuntungan dari model batasan-kapasitas antara lain merupakan model yang mudah digunakan dengan mengikutsertakan tingkat kemacetan dalam daerah kajian sehingga model tersebut akan lebih realistis. Kerugian model batasan-kapasitas antara lain dibutuhkan perhitungan algoritma yang cocok untuk solusi arus pergerakan yang biaya perjalanan untuk setiap rute sama.

4. Model Keseimbangan

Model keseimbangan disebut juga dengan equilibrium. Model ini menggunakan prinsip keseimbangan Wardrop (1952). Tamin (2000) menyebutkan bahwa asumsi dasar pemodelan keseimbangan adalah pada kondisi tidak macet setiap pengendara akan berusaha meminimumkan biaya perjalanannya dengan beralih menggunakan alternatif lain. Bagi pengendara, biaya dari semua alternatif rute diasumsikan diketahui secara implisit dalam pemodelan dan jika tidak satupun pengendara dapat memperkecil biaya tersebut, maka sistem dikatakan mencapai kondisi keseimbangan.

Keuntungan dari model ini antara lain lebih cepat mencapai keseimbangan dibanding dengan model stokastik, model akan menghasilkan ketika semua rute perjalanan asal-tujuan telah mencapai keseimbangan, hasil pemodelan akan lebih realistis dari model batasan-kapasitas, dan model keseimbangan ini sangat cocok diterapkan di jaringan jalan yang macet. Kerugian dari model ini antara lain, membutuhkan proses pengerjaan yang panjang, dan pada daerah dengan arus kendaraan kecil akan menghasilkan hasil yang sama dengan model all-or-nothing karena tidak ada penggunaan rute alternatif.

3.16 SOFTWARE QUATUM GIS

Quantum GIS (QGIS) adalah sebuah aplikasi Sistem Informasi Geografi bersifat *open source* dan lintas platform yang dapat dijalankan di sejumlah sistem operasi termasuk Linux. *QGIS* boleh dikatakan memiliki kemampuan yang sama dengan *software-software* pemetaan ternama seperti *ArcGIS* maupun *MapInfo*. Operasi dasar pada pengolahan data spasial dapat dilakukan dengan menggunakan *QGIS* yang lebih ringan (tidak memerlukan spesifikasi *hardware* yang tinggi), murah (tidak memerlukan lisensi karena merupakan *open source*) dan bahkan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan kepentingan penggunanya.

QGIS memungkinkan membuat peta yang bersumber data raster atau lapisan *vector* disimpan baik sebagai titik, garis, ataupun polygon. Kelebihan dari *QGIS* memiliki banyak *plugin* bebas yang meningkatkan fungsi utama perangkat lunak.

3.17 PENENTUAN JALUR EVAKUASI DENGAN *NETWORK ANALYST*

Network analyst merupakan salah satu kelompok analisis dalam SIG. Dalam *network analyst*, yang digunakan sebagai dasar operasi adalah data, yang dalam hal ini terdiri dari pasangan *edges* dan *vertices* yang disebut sebagai *network* (Cichociński dan Dębińska, 2016). Dengan kata lain, *network* atau yang dalam hal ini dikenal sebagai *spatial network dataset* merupakan hal paling penting dalam *network analyst*. Aplikasi yang dapat diterapkan melalui *network analyst* ini cukup banyak, diantaranya untuk mencari rute (*route*) tercepat (*fastest*)/terpendek (*shortest*), fasilitas terdekat (*closest facilities*) maupun untuk menentukan area pelayanan (*service areas*).

Network analyst merupakan salah satu *extention* yang disediakan pada software *Quatum Gis* yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisa jaringan, dimana dalam melakukan analisa jaringan *network analyst* akan menemukan jalur yang paling kecil impedansinya. Yang termasuk jaringan pada *network analyst* disini yaitu seperti: jaringan jalan, jaringan kabel listrik, jaringan sungai, jaringan pipa. *network analyst* memiliki kemampuan untuk membuat *network dataset* dan melakukan analisa pada jaringan tersebut.

Network analyst dapat menemukan jalan terbaik dari satu lokasi ke lokasi lain atau menemukan jalan terbaik untuk mengunjungi beberapa lokasi. Lokasi dapat ditentukan secara interaktif dengan menempatkan titik-titik pada *layer*, dengan memasukkan alamat atau dengan menggunakan titik dalam fitur yang ada pada fitur kelas (ESRI, 1998).

BAB IV

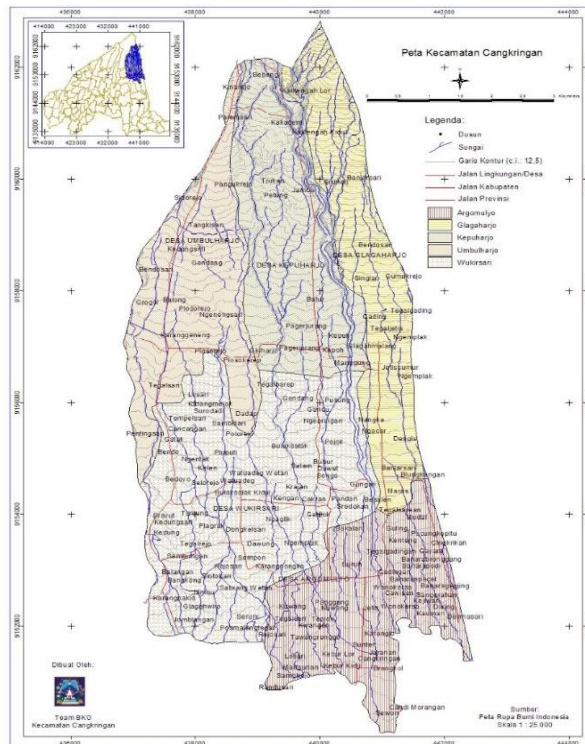
METODE PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap penelitian. Diawali terlebih dahulu melakukan pengambilan beberapa data yang sudah tersedia di beberapa instansi yang ada. Survei langsung yang dilakukan di lapangan seperti survei kondisi ruas jalan dilakukan dengan pengukuran lebar jalan, lebar bahu jalan dan kondisi perkerasan jalan jalur evakuasi. Sedangkan data yang dapat diminta pada instansi-instansi seperti data jaringan jalan, rute jalur evakuasi, jumlah pengungsi, lokasi barak pengungsian, dan kepemilikan kendaraan.

4.2 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada jalur-jalur evakuasi di kawasan Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman, Yogyakarta.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Kecamatan Cangkringan (2015)

4.3 LANGKAH PENELITIAN

4.3.1 Pengukuran *PCI*

Berikut ini adalah langkah pengukuran nilai *PCI*:

1. Membagi jalan yang disurvei menjadi segmen – segmen dengan luasan 200 meter x lebar,
2. Pemilihan dari segmen-segmen ruas jalan yang disurvei untuk dijadikan unit segmen, dan
3. Penentuan kepadatan (*density*) dalam hal ini merupakan persentase luasan kerusakan terhadap luasan segmen.

4.3.2 Pengambilan Data Lalu Lintas

Dalam penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan survei langsung di lapangan, berikut tahap-tahapannya.

1. Pengukuran Geometrik Jalan
Pengukuran geometrik meliputi panjang ruas jalan
2. Pengukuran Kecepatan Kendaraan
Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan kendaraan rata-rata yang melewati jalan yang diteliti. Pengukuran dilakukan dengan cara mengikuti kendaraan ringan (LV) dan mencatat kecepatan yang tertera. Kendaraan ringan yang dimaksud adalah mobil pribadi, pick-up, jeep dan sejenisnya, dipilih kendaraan ringan karena EMP kendaraan ringan adalah 1.
3. Pengukuran Hambatan Samping
Pengukuran ini dilakukan dengan melihat kondisi disekitar ruas jalan kemudian dicocokkan dengan kondisi khusus yang terdapat dalam MKJI 1997.

4.3.3 Pengambilan Data *Network Analyst QGis*

1. Analisis Jaringan Jalan Pada Wilayah Cangkringan
Pada analisis ini digunakan teknik analisis deskripsi komparatif yaitu komprasi antara kondisi saat ini jaringan jalan di wilayah penelitian dengan konsep pengembangan jaringan jalan pada wilayah yang rawan bencana. Hasil perbandingan tersebut akan menjadi beberapa skenario pengembangan jaringan jalan di wilayah Cangkringan.

2. Analisis Simulasi Jalur Evakuasi Menggunakan *Network Analyst*

Beberapa skenario pengembangan jaringan jalan evakuasi menggunakan *Network Analyst*. Hasil dari analisis ini berupa peta simulasi jalur evakuasi yang melewati wilayah Cangkringan. *Layer* yang digunakan dalam aplikasi *Network Analyst* adalah *layer* fasilitas terdekat. Setelah menentukan titik awal pergerakan dan area evakuasi yang aman kemudian diketahui rute tercepat menuju lokasi aman dari bencana.

3. Pemilihan Skenario Jalur Evakuasi

Berdasarkan peta simulasi jalur evakuasi yang telah dibuat dan berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori, maka penetapan model terpilih berdasarkan kriteria pemilihan yaitu waktu tempuh, kondisi eksisting jaringan jalan, kondisi perkerasan, tingkat resiko dan keselamatan.

4.3.4 Pembobotan Skor Resiko Bencana

Metode pendekatan yang dilakukan dalam studi melalui beberapa tahap sebagai berikut :

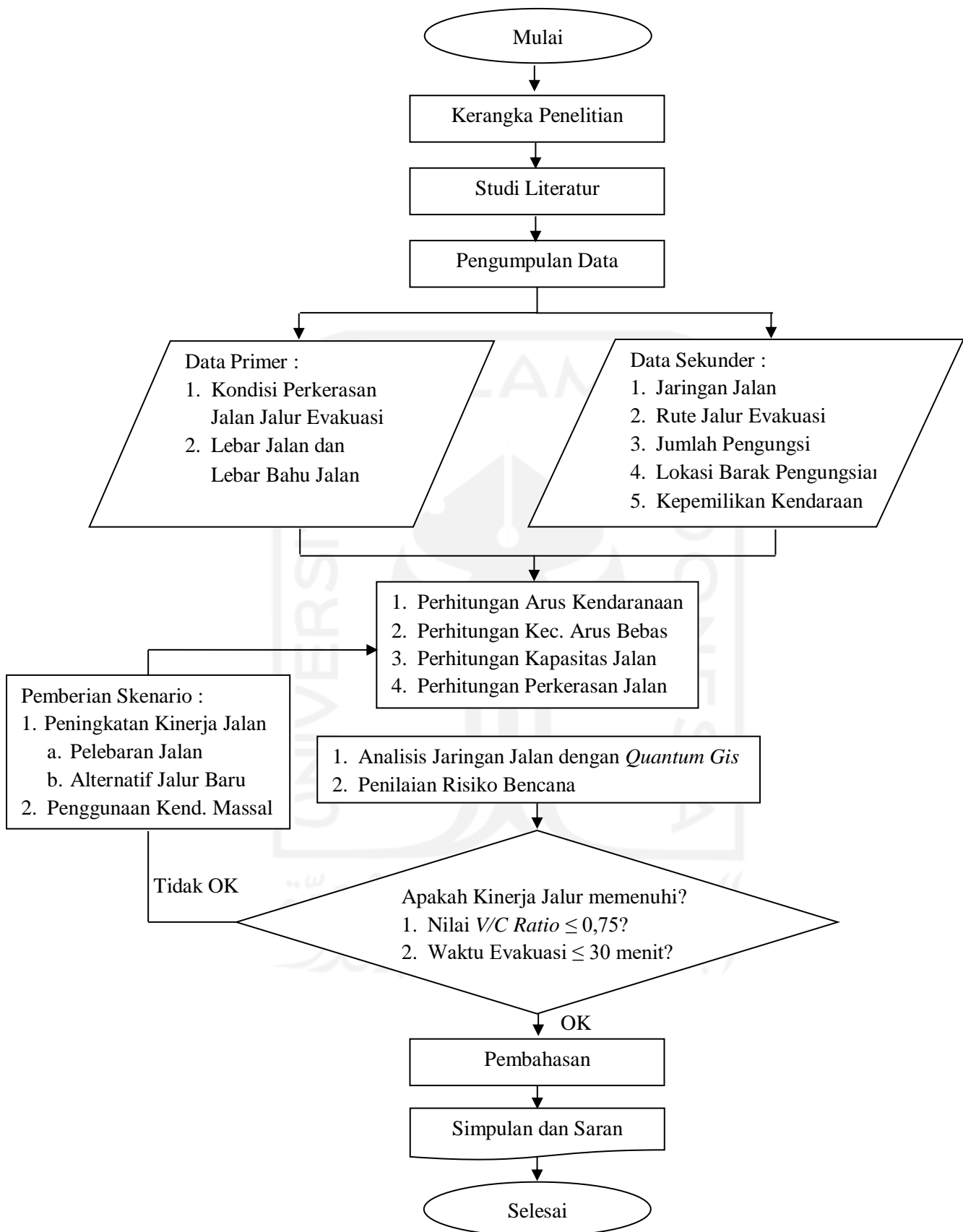
1. Faktor bahaya (*Hazard*) yaitu faktor langsung dari letusan Gunung Merapi,
2. Faktor Sosial yaitu dalam faktor ini parameter yang digunakan hanya kepadatan penduduk dari setiap desa,
3. Faktor Kapasitas yaitu data dari jarak tempuh setiap desa menuju ke lokasi barak pengungsian, kondisi jalur evakuasi, jumlah kendaraan setiap desa.

Tahapan berikut adalah menilai tingkat dari faktor risiko dengan skala (3-1)

- a. Risiko Tinggi nilai 3
- b. Risiko Sedang nilai 2
- c. Risiko Rendah nilai 1

4.4 BAGAN ALIR PENELITIAN

Proses penelitian untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut yang disajikan dalam bagan alir penelitian ini.



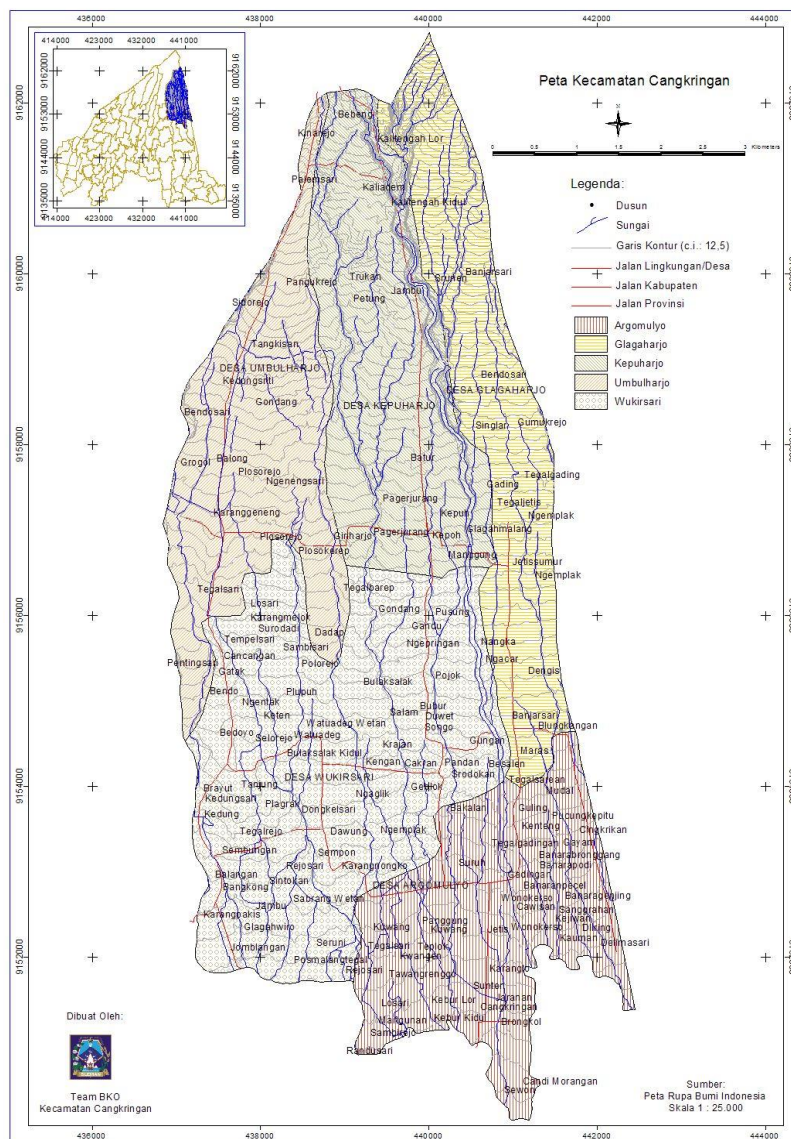
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 PETA DASAR DAERAH EVAKUASI MERAPI

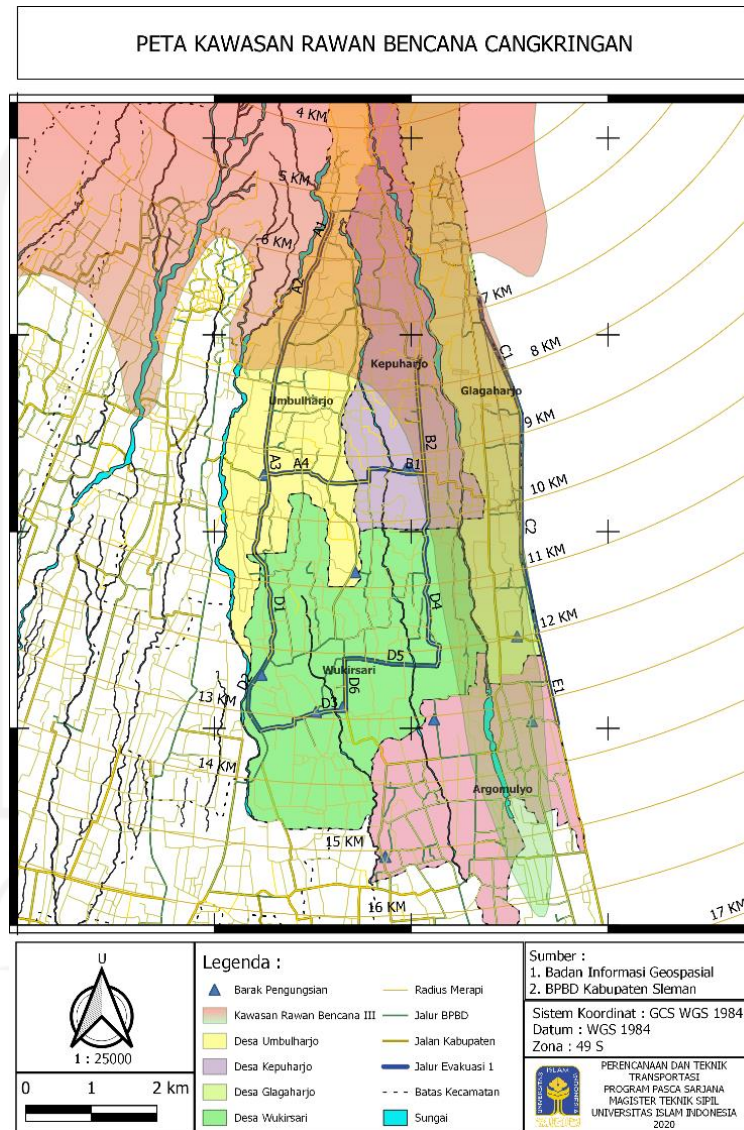
Peta dasar sebagai data dasar dalam pembuatan jaringan jalan pada program *Qgis*. Peta dasar yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Peta Dasar Daerah Evakuasi Erupsi Gunung Merapi
Sumber: Kecamatan Cangkringan (2015)

5.1.1 Peta Kawasan Rawan Bencana Merapi

Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi adalah peta petunjuk tingkat kerawanan bencana apabila terjadi letusan/kegiatan gunungapi. Dalam peta dibagi dalam beberapa radius mulai dari radius 5 km, 10 km dan 15 km untuk Kawasan Cangkringan. Kemudian terbagi atas zonasi KRB I, KRB II, KRB II seperti pada Gambar 5.2 berikut



Gambar 5.2 Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, Sleman, Yogyakarta

5.1.2 Data Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk merupakan data sekunder yang diperoleh dari Kantor Balai Desa yang ada di Kecamatan Cangkringan seperti pada Tabel 5.1 berikut.

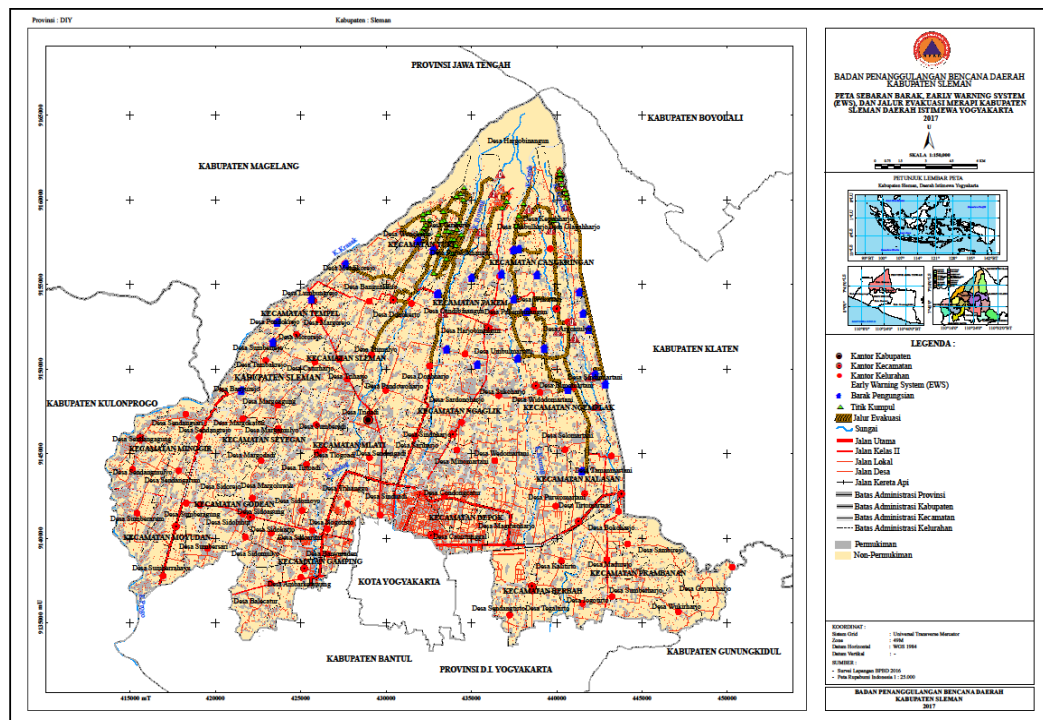
Tabel 5.1 Jumlah Penduduk Desa Umbulharjo

Nama Desa	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas Wilayah (ha)
Umbulharjo	5238	826
Kepuharjo	3489	875
Glagaharjo	3899	795
Wukirsari	11.812	1456
Argomulyo	8151	847

Sumber: Kantor Desa Umbulharjo, Kepuharjo, Glagaharjo, Wukisari, Argomulyo (2020)

5.1.3 Rute Jalur Evakuasi Eksisting dan Lokasi Barak Pengungsian

Rute jalur evakuasi yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah Sleman yang akan digunakan untuk pembuatan jalur evakuasi pada program *Quantum Gis*. Rute jalur evakuasi eksisting pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Rute Jalur Evakuasi Eksisting dan Lokasi Barak Pengungsian

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah, Sleman (2015)

5.1.4 Lokasi Barak Pengungsian

Lokasi barak dalam proses evakuasi sangat penting dalam perencanaan jalur evakuasi untuk menentukan jalur evakuasi mana saja yang akan digunakan. Lokasi barak pada Kecamatan Cangkringan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Lokasi Barak Pengungsian Kecamatan Cangkringan

No	Barak/Balai Desa	Dusun	Kapasitas (jiwa)
1	Umbulharjo	Balong, Pelemsari dan Huntap Karangkendal	200
2	Plosokerep	Balong dan Karangkendal	300
3	Brayut	Pangukrejo dan Gondang	300
4	Kepuharjo/Pagerjurang	Pagerjurang dan Kepuh	300
5	Kiyaran	Kopeng, Batur, dan Huntap Batur	500
6	Wukirsari	Kepuh, Manggong, dan Pagerjurang	200
7	Glagaharjo	Kalitengah lor, Kalitengah kidul, dan Srunen	200
8	Gayam	Singlar, Glagahmalang, Gading, dan Jetissumur	300

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah, Sleman (2015)

5.1.5 Jumlah Pengungsi dan Barak Tujuan

Jumlah pengungsi dalam penelitian ini, digunakan sebagai perkiraan jumlah perjalanan yang akan terjadi pada saat evakuasi. Jumlah pengungsi dan barak tujuan untuk Kecamatan Cangkringan dalam penelitian ini selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Jumlah Pengungsi dan Barak Tujuan (1 dari 2)

No	Asal	Jumlah Pengungsi (Jiwa)	TUJUAN
1	Balong	650	Balai Desa Umbulharjo
2	Pelemsari	231	Balai Desa Umbulharjo
3	Balong	650	Barak Plosokerep
4	Pelemsari	231	Barak Plosokerep
5	Pagerjurang	527	Balai Desa Kepuharjo/Barak Pagerjurang
6	Kepuh	386	Balai Desa Kepuharjo/Barak Pagerjurang

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah, Sleman (2020)

Tabel 5.3 Lanjutan Jumlah Pengungsi dan Barak Tujuan (2 dari 2)

No	Asal	Jumlah Pengungsi (Jiwa)	TUJUAN
7	Kalitengah Lor	549	Balai Desa Glagaharjo
8	Kalitengah Kidul	336	Balai Desa Glagaharjo
9	Srunen	453	Balai Desa Glagaharjo
10	Singlar	388	Barak Gayam
11	Gading	278	Barak Gayam
12	Jetis Sumur	241	Barak Gayam
13	Galagahmalang	271	Barak Gayam
14	Pangukrejo	836	Barak Brayut
15	Gondang	756	Barak Brayut
16	Kopeng	468	Barak Kiyaran
17	Batur	529	Barak Kiyaran
18	Kepuh	386	Balai Desa Wukirsari
19	Pagerjuran	527	Balai Desa Wukirsari
20	Manggong	278	Balai Desa Wukirsari

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah, Sleman (2020)

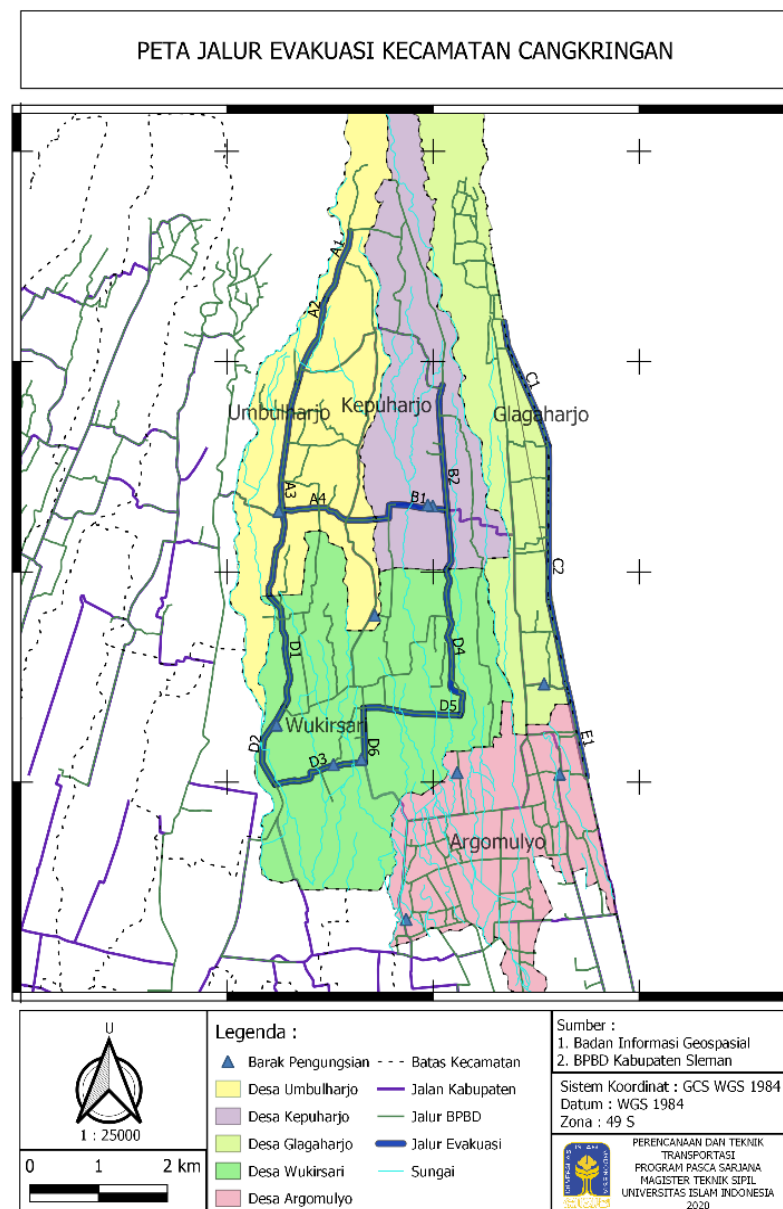
5.2 DATA KONDISI JALAN

Data kondisi jalan adalah data yang berisi mengenai kondisi geometrik, klasifikasi jalan, dan prasarana yang ada pada segmen jalan yang diteliti, pengumpulan data kondisi jalan dilakukan dengan survei langsung pada ruas jalur evakuasi. Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil sebagai berikut ini.

1. Panjang Segmen yang diteliti 29,4 km, dari total 15 ruas jalan,
2. Termasuk dalam jalan luar kota dengan tipe jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD), tapi karena kondisi pada saat evakuasi maka tipe jalan diasumsikan dua-lajur satu-arah (2/1 D).
3. Menurut statusnya, termasuk dalam jalan kabupaten,
4. Berdasarkan fungsinya, termasuk jalan lokal dan kelas jalan III,
5. Kondisi topografi jalan pengunungan, dengan kelandaian 7% karena panjang lajur pendakian > 1 km, dan

6. Kelas hambatan sampingnya rendah, karena merupakan pedalaman, beberapa bangunan, dan kegiatan disamping jalan.

Lebar jalan dan bahu jalan didapatkan langsung di lapangan dengan survei dimulai dari arah utara ke selatan, dengan penamaan jalur evakuasi seperti Gambar 5.4 dan hasil survei dirangkum dalam Tabel 5.4.



Gambar 5.4 Penamaan Survei Ruas Jalur Evakuasi Kecamatan Cangkringan

Tabel 5.4 Lebar Jalan dan Bahu Jalan

Kode Jalan	Ruas Jalan	Panjang Ruas Jalan (km)	Lebar Drainase Kiri (m)	Lebar Bahu Jalan Kiri (m)	Lebar Jalan Efektif (m)	Lebar Bahu Jalan Kanan (m)	Lebar Drainase Kanan (m)
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	1,1	-	0,7	4,5	1,0	-
A2	Kinahrejo-Tangkisan 2	1,3		1	5,1	1	
A3	Bedoyo Balong 1	3,1	-	0,5	5,1	0,5	-
A4	Karanggeneng-Pagerjurang 1	1,4	-	0,5	5	0,5	-
B1	Karanggeneng-Pagerjurang 2	1,2	-	0,8	4,2	0,5	-
B2	Cakran-Kopeng 1	4,9	0,6	1,1	4,9	1,5	-
C1	Srunen-Singlar	2	-	0,5	4	0,5	-
C2	Ngasem-Singlar 1	3,6	-	0,5	3,2	0,5	-
D1	Bedoyo-Balong 2	1,7	-	0,5	5	0,	-
D2	Brayut-Pokoh	1,2	0,6	1,5	5,1	1,6	0,8
D3	Sembungan-Kiyaran	1,4	0,5	1,1	4,3	1,1	-
D4	Cakran-Kopeng 2	2,2	-	1	5	1,5	-
D5	Bulaksalak Kidul-Cakran	1,4	0,8	1,5	5,1	1,1	0,6
D6	Panggung-Selorejo	700	1	1,2	4,3	1,2	0,8
E1	Ngasem-Singlar 2	1,3	0,5	0,8	4,6	1	0,5

5.2.1 Data Jumlah Kendaraan

Jumlah Kendaraan yang dimaksud adalah kepemilikan kendaraan bermotor setiap warga sebagai moda yang akan digunakan pada saat proses evakuasi, jumlah kendaraan bermotor pada penelitian ini didapat langsung dari Kantor Desa seperti pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Data Jumlah Kendaraan (1 dari 2)

Desa	Kendaraan		
	Mobil	Sepeda Motor	Truk
Umubulharjo	754	2519	93
Kepuharjo	434	1696	80
Glagaharjo	232	2100	153

Sumber: Kantor Desa Umbulharjo, Kepuharjo, Glagaharjo, Wukisari, Argomulyo (2020)

Tabel 5.5 Data Jumlah Kendaraan (2 dari 2)

Desa	Kendaraan		
	Mobil	Sepeda Motor	Truk
Wukirsari	879	4114	68
Argomulyo	546	3261	44

Sumber: Kantor Desa Umbulharjo, Kepuharjo, Glagaharjo, Wukisari, Argomulyo (2020)

5.3 ANALISIS KINERJA RUAS JALAN

5.3.1 Analisis Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas adalah kecepatan kendaraan pada arus nol, dimana kecepatan yang dipilih pengemudi tanpa dipengaruhi oleh kendaraan lainnya. Dalam penentuan kecepatan arus bebas dasar kendaraan pada kondisi lapangan maka diperlukan data faktor-faktor penyesuaian sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.6 s/d Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.6 Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar Kota (FV_0)

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV_0) (km/jam)		
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan berat menengah (MHV)	Sepeda motor (MC)
Gunung	55	42	51

Sumber: Bina Marga (1997)

Tabel 5.7 Penyesuaian Akibat Lebar lajur Lalu Lintas (FV_w)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) (m)	FV_w (km/jam)
		Gunung: SDC = A,B,C
Dua lajur tak terbagi	4,5	-7

Sumber: Bina Marga (1997)

Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)

		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98

Sumber: Bina Marga (1997)

Tabel 5.9 Faktor Penyesuaian Akibat Kelas Fungsional Jalan (FFV_{RC})

Tipe Jalan	Faktor penyesuaian (FFV _{RC})				
	Pengembangan samping jalan (%)				
Dua-lajur tak terbagi (2/2UD)	0	25	50	75	100
Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber : Bina Marga (1997)

Berdasarkan faktor-faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas kendaraan ringan (LV) pada ruas jalan A1 Kinahrejo-Tangkisan 1 maka didapat perhitungan seperti pada Persamaan 5.1 berikut.

$$\begin{aligned}
 F_v &= (F_{V0} + F_{Vw}) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC} & (5.1) \\
 &= (55 + (-7)) \times 0,97 \times 0,9 \\
 &= 41,90 \text{ Km/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kecepatan arus bebas seluruh ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Perhitungan Kecepatan Arus Bebas

No	Kode Jalan	Bahu Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Bahu Jalan (m)	F_{V0}	F_{Vw}	FFV_{sf}	FFV_{RC}	FV (km/Jam)
1.	A1	0,7	4,5	1,0	55	-7	0,97	0,9	41,90
	A2	1,0	5,1	1,0	55	-7	0,97	0,9	41,90
	A3	0,5	5,1	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
	A4	0,5	5,0	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
2.	B1	0,8	4,2	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
	B2	1,1	4,9	1,5	55	-7	0,97	0,9	41,90
3.	C1	0,5	4	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
	C2	0,5	3,2	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
4.	D1	0,5	5,0	0,5	55	-7	0,96	0,9	41,47
	D2	1,5	5,1	1,6	55	-7	0,97	0,9	41,90
	D3	1,1	4,3	1,1	55	-7	0,97	0,9	41,90
	D4	1,0	5,0	1,5	55	-7	0,97	0,9	41,90
	D5	1,5	5,1	1,1	55	-7	0,97	0,9	41,90
	D6	1,2	4,3	1,2	55	-7	0,97	0,9	41,90
5	E1	0,8	4,6	1	55	-7	0,97	0,9	41,90

5.3.2 Analisis Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah arus maksimum kendaraan yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan dalam per satuan jam pada kondisi tertentu. Nilai kapasitas dasar ditentukan berdasarkan pengaruh tipe alinyemen/tipe jalan seperti pada 5.11 s/d Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.11 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2-Lajur 2-Arah Tak-Terbagi (2/2 UD)

Tipe jalan/tipe alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam)
Dua lajur tak-terbagi 1.Gunung	2900

Sumber : Bina Marga (1997)

Tabel 5.12 Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu-Lintas (FC_w)

Tipe jalan/tipe alinyemen	Lebar efektif jalur lalu-lintas (W_c) (m)	FC_w
Dua lajur tak-terbagi	2900	0,69

Sumber : Bina Marga (1997)

Tabel 5.13 Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCSP	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber : Bina Marga (1997)

Untuk menentukan faktor penyesuaian pemisah arah perlu dilakukan perhitungan seperti Persamaan 5.2 berikut.

$$SP = Q_{DH1} / Q_{DH1+2} \quad (5.2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai pemisah arah masing-masing arah sebesar 50% dan 50%.

Tabel 5.14 Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe jalan	Kelas Hambatan	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping			
		Lebar bahu efektif (W_s)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00

Sumber : Bina Marga (1997)

Berdasarkan faktor-faktor dari masing-masing penyesuaian untuk menentukan kapasitas jalan maka didapat perhitungan seperti Persamaan 5.3 berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \\
 &= 2900 \times 0,69 \times 1 \times 0,95 \\
 &= 1901 \text{ smp/jam}
 \end{aligned} \quad (5.3)$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh nilai kapasitas (C) ruas jalan A1 Kinahrejo-Tangkisan 1 sebesar 1901 Smp/jam. Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas seluruh ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Perhitungan Kapasitas Jalan

No	Kode Jalan	Bahu Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Bahu Jalan (m)	C ₀	FC _w	FC _{SP}	FC _{SF}	C (smp/jam)
1.	A1	0,7	4,5	1,0	2900	0,69	1,0	0,95	1901
	A2	1,0	5,1	1,0	2900	0,71	1,0	0,95	1956
	A3	0,5	5,1	0,5	2900	0,71	1,0	0,93	1915
	A4	0,5	5,0	0,5	2900	0,69	1,0	0,93	1861
2.	B1	0,8	4,2	0,5	2900	0,69	1,0	0,93	1861
	B2	1,1	4,9	1,5	2900	0,69	1,0	0,95	1901
3.	C1	0,5	4	0,5	2900	0,69	1,0	0,93	1861
	C2	0,5	3,2	0,5	2900	0,69	1,0	0,93	1861
4.	D1	0,5	5,0	0,5	2900	0,69	1,0	0,93	1861
	D2	1,5	5,1	1,6	2900	0,71	1,0	0,97	1997
	D3	1,1	4,3	1,1	2900	0,69	1,0	0,95	1901
	D4	1,0	5,0	1,5	2900	0,71	1,0	0,95	1956
	D5	1,5	5,1	1,1	2900	0,71	1,0	0,95	1956
	D6	1,2	4,3	1,2	2900	0,69	1,0	0,95	1901
5.	E1	0,8	4,6	1	2900	0,69	1,0	0,95	1901

5.4 KONDISI PERKERASAN JALAN

5.4.1 Nilai *Pavement Condition Index (PCI)*

Dari Hasil pengamatan diperoleh data kerusakan perkerasan lentur yang terbagi atas 15 ruas jalan dan beberapa unit segmen sepanjang 29,4 km untuk masing-masing *severity level*. Survei kondisi perkerasan dimulai dari arah Utara menuju Selatan karena kondisi pada saat evakuasi tipe jalan diasumsikan dua-lajur satu-arah (2/1D). Contoh hasil pengamatan pada ruas jalan A1 Kinahrejo-Tangkisan 1 segmen 1 dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini. Untuk perhitungan ruas jalan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.16 Hasil Pengamatan Segmen 1 Kinahrejo-Tangkisan 1
(0+000 s.d 0+200)

KEADAAN TIPE KERUSAKAN							
		1		12	7		13
		4x4 M	2,4x1,5 H	8x2,2 H	1,1x1,4 M	0,6x0,5 L	6x12 L
		3x0,8 H			1,6x0,8 L	0,8x0,4 L	12x2,4 M
		2,4x2,5 H			0,8x0,5 M	0,4x0,5 L	10x2,2 M
		3x1 L			0,6x0,8 M	0,6x0,5 L	
		2,4x0,8 M			0,6x0,4 L	0,8x0,8 M	
		4,2x2,2 M			1,2x0,8 L	1,2x0,5 M	
TOTAL SEVERITY	L	3 m ²		-	3,6 m ²		48 m ²
	M	27,16 m ²		-	3,66 m ²		34,24 m ²
	H	12 m ²		17,6 m ²	-		-

5.4.2 Analisis Segmen (Contoh Perhitungan pada Segmen 1)

1. *Density dan Deduct Value*

a. *Alligator Cracking*

Persentase luasan dari jenis kerusakan *alligator cracking* terhadap luasan unit segmen yang diukur dalam meter persegi. Hasil perhitungan *density* dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada *Alligator Cracking*

Jenis Kerusakan	<i>Severity Level</i>	Luas Total (As) m ²	Luas Kerusakan (Ad) m ²	<i>Density</i> (%)
1	L	900	3	0,3 %
	M	900	27,16	3,02 %
	H	900	12	1,33 %

Perhitungan *Density* untuk *severity level* L (*Low*)

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\%$$

$$= \frac{3}{900} \times 100\%$$

$$= 0,3 \%$$

Perhitungan *Density* untuk *severity level M (Medium)*

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\%$$

$$= \frac{27,16}{900} \times 100\%$$

$$= 3,02 \%$$

Perhitungan *Density* untuk *severity level H (High)*

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{900} \times 100\%$$

$$= 1,33 \%$$

Deduct Value untuk jenis kerusakan *Alligator Cracking* yang diperoleh dari kurva hubungan antara kerapatan (*density*) dan tingkat kerusakan (*deduct value*). Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada Gambar 5.4 berikut.

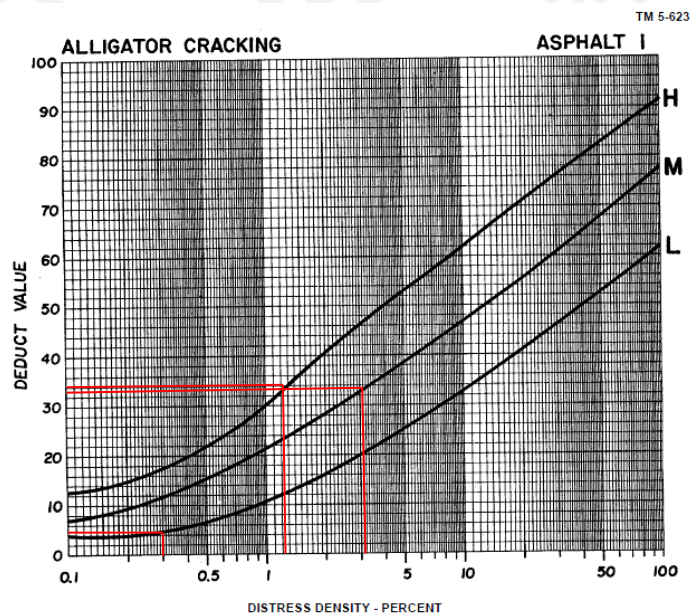


Figure C-1. Deduct value curves for alligator cracking.

C-2

Gambar 5.5 Penentuan Nilai *Deduct Value* untuk *Alligator Cracking* pada
Segmen 1

Sumber : FAA (1982)

Berdasarkan Gambar 5.4 maka diketahui nilai *Deduct Value* sebagai berikut.

1. *Density* = 0,3 % (*Low Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 5
2. *Density* = 3,02 % (*Medium Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 33
3. *Density* = 1,33% (*Medium Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 34

b. *Raveling*

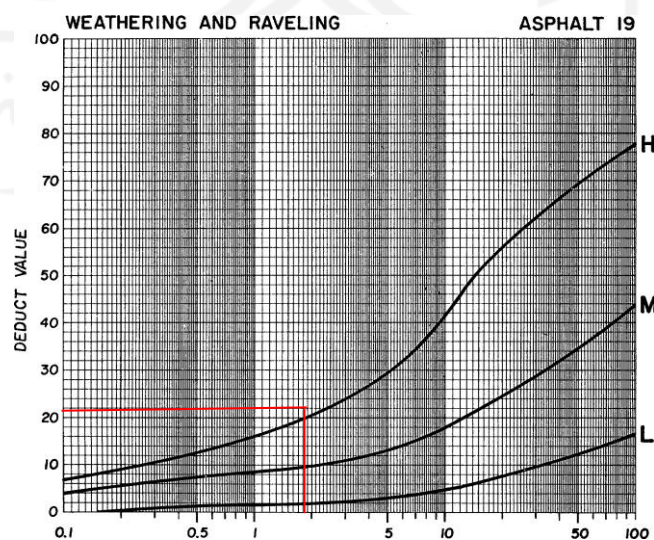
Persentase luasan dari jenis kerusakan *Raveling* terhadap luasan unit segmen yang diukur dalam meter persegi. Hasil perhitungan *density* dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada *Raveling*

Jenis Kerusakan	<i>Severity Level</i>	Luas Total (As) m ²	Luas Kerusakan (Ad) m ²	<i>Density</i> (%)
4	L	900	17,6	1,95%

Perhitungan *Density* untuk *severity level H (High)*

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\% \\
 &= \frac{17,6}{900} \times 100\% \\
 &= 1,95 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 5.6 Penentuan Nilai *Deduct Value* untuk *Raveling* pada Segmen 1

Sumber : FAA (1982)

Berdasarkan Gambar 5.5 maka diketahui nilai *Deduct Value* sebagai berikut.

1. *Density* = 1,95 % (*High Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 21

c. *Potholes*

Persentase luasan dari jenis kerusakan *Potholes* terhadap luasan unit segmen yang diukur dalam meter persegi. Hasil perhitungan *density* dapat dilihat pada Tabel 5.19 di berikut.

Tabel 5.19 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada *Potholes*

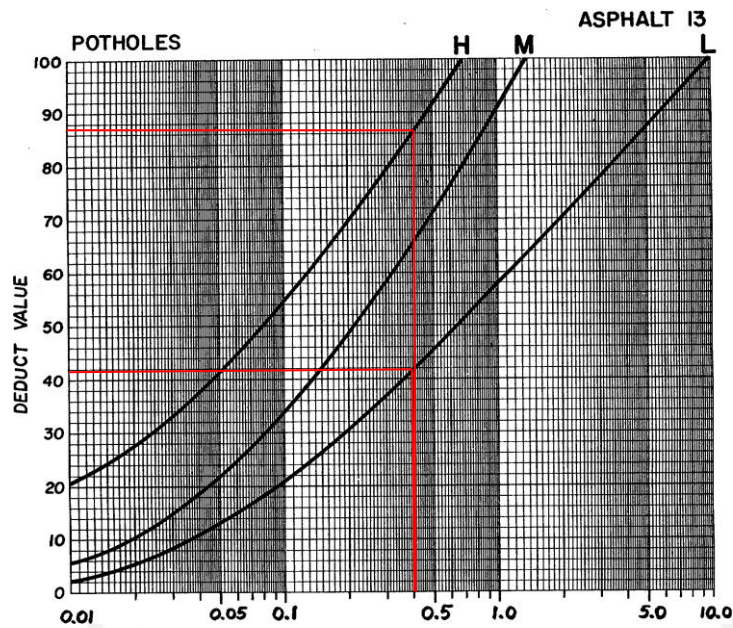
Jenis Kerusakan	<i>Severity Level</i>	Luas Total (As)m ²	Luas Kerusakan (Ad) m ²	<i>Density</i> (%)
8	L	900	3,6	0,4 %
	M	900	3,66	0,41 %

Perhitungan *Density* untuk *severity level* L (*Low*)

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\% \\
 &= \frac{3,6}{900} \times 100\% \\
 &= 0,4 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Density* untuk *severity level* M (*Medium*)

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\% \\
 &= \frac{3,66}{900} \times 100\% \\
 &= 0,41 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 5.7 Penentuan Nilai *Deduct Value* untuk *Potholes* pada Segmen 1

Sumber : FAA (1982)

Berdasarkan Gambar 5.6 maka diketahui nilai *Deduct Value* sebagai berikut.

4. *Density* = 0,4 % (*Low Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 42
5. *Density* = 0,41 % (*Medium Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 87

d. *Rutting*

Persentase luasan dari jenis kerusakan *Rutting* terhadap luasan unit segmen yang diukur dalam meter persegi. Hasil perhitungan *density* dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada *Rutting*

Jenis Kerusakan	<i>Severity Level</i>	Luas Total (As) m ²	Luas Kerusakan (Ad) m ²	<i>Density</i> (%)
8	L	900	46	5,33 %
	M	900	34,24	3,8 %

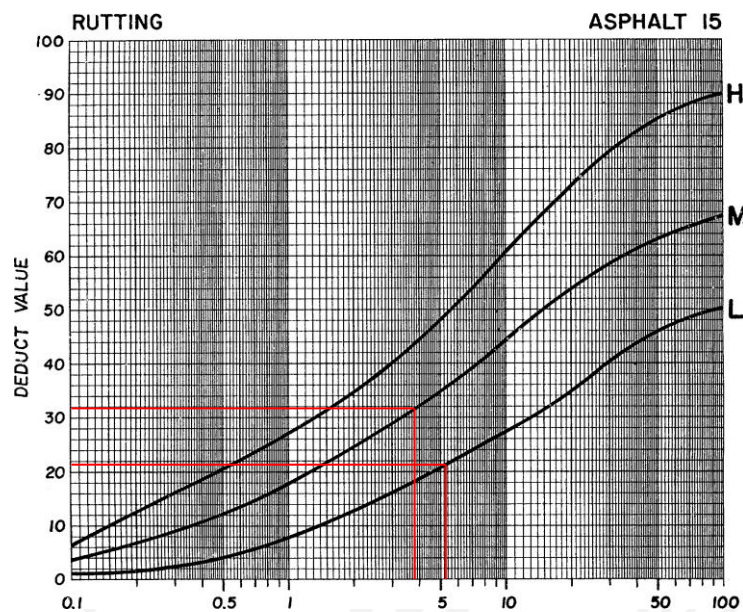
Perhitungan *Density* untuk *severity level L (Low)*

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{46}{900} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 5,33 \%$$

Perhitungan *Deduct Value* untuk *severity level M (Medium)*

$$\begin{aligned} \text{Density} &= \frac{A_d}{A_s} \times 100\% \\ &= \frac{34,24}{900} \times 100\% \\ &= 3,8 \% \end{aligned}$$



Gambar 5.8 Penentuan Nilai *Deduct Value* untuk *Rutting* pada Segmen 1

Sumber : FAA (1982)

Berdasarkan Gambar 5.7 maka diketahui nilai *Deduct Value* sebagai berikut.

6. *Density* = 5,33 % (*Low Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 21

7. *Density* = 3,8 % (*Medium Severity Level*), maka nilai *Deduct Value* = 31

1. *Total Deduct Value* dan *Corrected Deduct Value*

Total Deduct Value untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit segmen dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Penentuan *Total Deduct Value* pada Segmen 1

Jenis Kerusakan	Severity Level	Density	Deduct Value
1	L	0,3 %	5
	M	3,02 %	33
	H	1,33 %	34
12	H	1,95 %	21
7	L	0,4 %	42
	M	0,41 %	87
13	L	5,33 %	21
	M	3,8 %	31
<i>Total Deduct Value</i>			274

Corrected Deduct Corrected diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan CDV dan jumlah data *individual deduct value* (q). Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada Gambar 5.8 berikut.

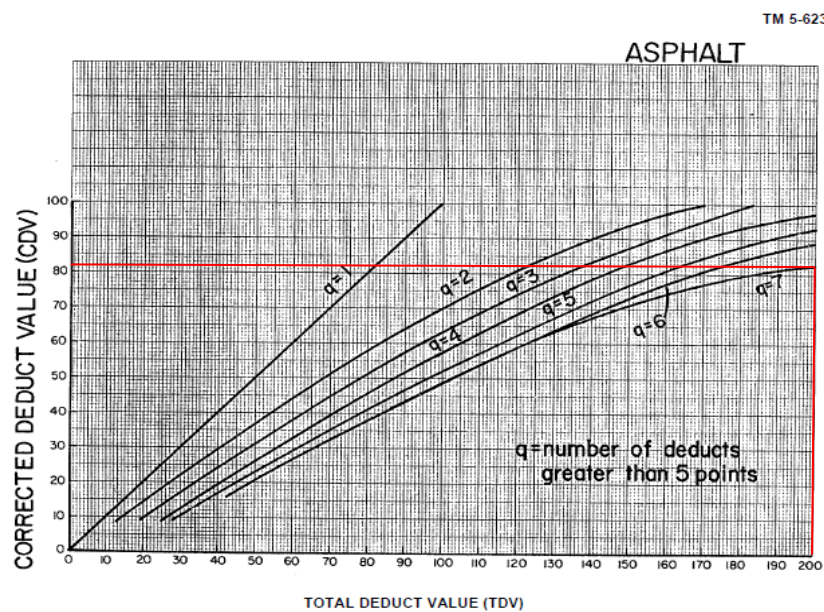


Figure C-20. Corrected deduct value curves for asphalt-surfaced pavements.

C-21

Gambar 5.9 *Corrected Deduct Value*

Sumber : FAA (1982)

Berdasarkan grafik *Corrected Deduct Value* pada Gambar 5.8 maka didapatkan nilai sebagai berikut:

- a. *Total Deduct Value* = 274
- b. Jumlah data *Individual Deduct Value* (q) = 7
- c. Nilai *Corrected Deduct Value* = 82

3. Klasifikasi Kualitas Perkerasan (*Rating*)

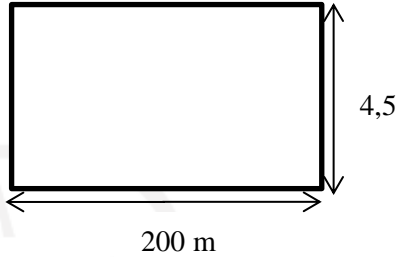
Berdasarkan hasil yang didapat maka diketahui nilai *Pavement Condition Index* pada ruas jalan A1 Kinahrejo-Tangkisan 1 segmen 1 adalah :

$$\begin{aligned}
 PCI &= 100 - CDV \\
 &= 100 - 82 \\
 &= 18
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 3.27 maka diperoleh *Rating* Nilai *PCI*= Sangat Jelek (*Very Poor*)

Hasil data dan perhitungan pada ruas jalan A1 Kinahrejo-Tangkisan 1 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.22. Untuk perhitungan segmen dan ruas jalan lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.22 Lembar Data Pengamatan Unit Segmen 1 Kinahrejo-Tangkisan 1

JALAN : Kinahrejo-Tangkisan		TANGGAL : 23 Agustus 2020					
FASILITAS :		FEATURE :		UNIT SEGMENT : 1			
DISURVEY OLEH : Akbarsyah Muhammad Tanjung		LUAS AREA : 900 m ²					
JENIS KERUSAKAN 1. <i>Alligator Cracking</i> 2. <i>Bleeding</i> 3. <i>Block Cracking</i> 4. <i>Edge Cracking</i> 5. <i>Corrugation</i> 6. <i>Depression</i> 7. <i>Potholes</i> 8. <i>Long & Transversal Cracking</i> 9. <i>Slippage Cracking</i> 10. <i>Patching</i> 11. <i>Polished Agregate</i> 12. <i>Raveling</i> 13. <i>Rutting</i> 14. <i>Shoving</i> 15. <i>Upheal</i>			SKETSA 				
KEADAAN TIPE KERUSAKAN							
		1		12	7	13	
		4x4 M	2,4x1,5 H	8x2,2 H	1,1x1,4 M	0,6x0,5 L	6x12 L
		3x0,8 H			1,6x0,8 L	0,8x0,4 L	12x2,4 M
		2,4x2,5 H			0,8x0,5 M	0,4x0,5 L	10x2,2 M
		3x1 L			0,6x0,8 M	0,6x0,5 L	
		2,4x0,8 M			0,6x0,4 L	0,8x0,8 M	
		4,2x2,2 M			1,2x0,8 L	1,2x0,5 M	
TOTAL SEVERITY	L	3 m ²		-	3,6 m ²		48 m ²
	M	27,16 m ²		-	3,66 m ²		34,24 m ²
	H	12 m ²		17,6 m ²	-		-
PERHITUNGAN PCI							
JENIS KERUSAKAN	SEVERITY	DENSITY	DEDUCT VALUE				
1	L	0,3 %	5	PCI = 100 - CDV = 100 - 82 = 18 Rating = Sangat Jelek (<i>Very Poor</i>)			
	M	3,02 %	33				
	H	1,33 %	34				
12	H	1,95 %	21				
7	L	0,4 %	42				
	M	0,41 %	87				
13	L	5,33 %	21				
	M	3,8 %	31				
TOTAL DEDUCT VALUE			274				
CORRECTED DEDUCT VALUE			82				

Hasil rekapitulasi perhitungan *Pavement Condition Index (PCI)* seluruh unit segmen Kinahrejo-Tangkisan 1 dengan kode jalan A1 dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Nilai *PCI* Unit Segmen 1 s/d 6 Kinahrejo-Tangkisan 1

No. Unit Segmen	Stasioning		Luas Unit Segmen (m ²)	Nilai	Rating
	Dari	Sampai			
1.	0+000	0+200	900	18	<i>Very Poor</i>
2.	0+200	0+400	900	42	<i>Fair</i>
3.	0+400	0+600	900	56	<i>Fair</i>
4.	0+600	0+800	900	2	<i>Failed</i>
5.	0+800	0+1000	900	16	<i>Very Poor</i>
6.	0+1000	0+1100	450	22	<i>Very Poor</i>

Persentase *rating* nilai *PCI* pada ruas jalan Kinahrejo-Tangkisan 1 dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Persentase *Rating* Nilai *PCI* Kinahrejo-Tangkisan 1

Rating	Jumlah segmen	Persentase %	
Gagal (<i>Failed</i>)	1	16,67	66,67 (Sangat Jelek-Gagal)
Sangat Jelek (<i>Very Poor</i>)	3	50	
Sedang (<i>Fair</i>)	2	33,33	33,33 (Sedang)

Keseluruhan unit segmen yang diteliti pada ruas Jalan Kinahrejo-Tangkisan 1 sebanyak 6 unit segmen. Dari Hasil analisis pada Tabel 5.24 terlihat kerusakan terbanyak terjadi dengan *rating* nilai sangat jelek (*very poor*) pada segmen 1 (sta 0+000 - sta 0+200) dengan *rating* nilai *PCI* adalah 18, sedangkan nilai *PCI* tertinggi adalah 56 masuk dalam *rating* (*fair*) seperti pada segmen 3 (sta 0+600 - sta 0+900). Persentase *rating* nilai *PCI* untuk ruas lainya dapat dilihat pada rekapitulasi pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.25 Persentase *Rating* Nilai *PCI* Seluruh Ruas Jalan

Kode Jalan	Ruas Jalan	Persentase %						
		Gagal (Failed)	Sangat Jelek (Very Poor)	Jelek (Poor)	Sedang (Fair)	Baik (Good)	Sangat Baik (Very Good)	Sempurna (Excellent)
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	16,67	50	33,33	-	-	-	-
A2	Kinahrejo-Tangkisan 2	-	-	16,67	50	33,33	-	-
A3	Bedoyo Balong 1	-	-	6,25	81,25	12,5	-	-
A4	Karanggeneng-Pagerjurang 1	-	-	28,57	28,57	28,57	-	14,28
B1	Karanggeneng-Pagerjurang 2	33,33	16,67	16,67	16,67	16,67	-	-
B2	Cakran-Kopeng 1	-	-	-	-	8	8	84
C1	Srunen-Singlar	-	-	-	40	30	-	30
C2	Ngasem-Singlar 1	-	-	11,76	11,76	17,65	41,17	17,65
D1	Bedoyo-Balong 2	-	-	11,11	66,66	22,22	-	-
D2	Brayut-Pokoh	-	-	-	16,67	66,67	16,67	-
D3	Sembungan-Kiyaran	-	-	-	-	-	71,43	28,57
D4	Cakran-Kopeng 2	-	-	-	-	-	-	100
D5	Bulaksalak Kidul-Cakran	-	-	-	-	28,57	57,14	14,29
D6	Panggung-Selorejo	-	-	-	-	-	75	25
E1	Ngasem-Singlar 2	-	-	-	-	-	-	100

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5.25 secara keseluruhan nilai *PCI* untuk semua ruas jalan evakuasi yang diteliti memiliki tingkat kerusakan yang berbeda-beda seperti pada ruas jalan Kinahrejo-Tangkisan 1 dan Karanggeneng-Pagerjurang 1 nilai *PCI* 16,67 % dan 33,33 % dengan *rating* gagal (*failed*), kondisi kerusakan jalan tersebut diakibatkan adanya aktivitas kendaraan *truck* bermuatan galian melewati ruas jalan tersebut. Sedangkan untuk ruas jalan yang memiliki *rating* nilai *PCI* dengan kondisi sempurna (*excellent*) seperti pada ruas jalan Cakran-Kopeng 2 dan Ngasem-Singlar 2 hal ini disebabkan karena jalan tersebut tidak diperbolehkan *truck* yang bermuatan galian untuk melewati jalur tersebut.

5.5 PRAKIRAAN KINERJA JALAN PADA KONDISI EVAKUASI

5.5.1 Estimasi Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi

Estimasi pada saat evakuasi bertujuan untuk memperhitungan kendaraan yang melewati ruas jalan yang diteliti, diasumsikan arah kendaraan menjadi satu arah yaitu ke arah Selatan, sehingga jalan menjadi 2-lajur 1-arah (2/1). Sehingga nilai kapasitas dasar (C_0) menjadi $0,5 \times C_0$ (4/2D), maka diperoleh nilai C_0 sebesar 3600 smp/jam, sedangkan untuk faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah (FC_{SP}) = 1, karena kendaraan yang melewati badan jalan mempunyai arah yang sama yaitu dari Utara ke arah Selatan.

$$\begin{aligned} C &= C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \\ &= 3600 \times 0,69 \times 1 \times 0,95 \\ &= 2360 \text{ Smp/jam} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai kapasitas jalan untuk ruas jalan Kinahrejo-Tangkisan A1 pada kondisi evakuasi sebesar 2360 Smp/jam. Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas seluruh ruas jalan pada kondisi evakuasi dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Perhitungan Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi

No	Kode Jalan	Bahu Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Bahu Jalan (m)	C_0	FC_w	FC_{SP}	FC_{SF}	C (smp/jam)
1.	A1	0,7	4,5	1,0	3600	0,69	1,0	0,95	2360
	A2	1,0	5,1	1,0	3600	0,71	1,0	0,95	2428
	A3	0,5	5,1	0,5	3600	0,71	1,0	0,93	2377
	A4	0,5	5,0	0,5	3600	0,69	1,0	0,93	2310
2.	B1	0,8	4,2	0,5	3600	0,69	1,0	0,93	2310
	B2	1,1	4,9	1,5	3600	0,69	1,0	0,95	2360
3.	C1	0,5	4	0,5	3600	0,69	1,0	0,93	2310
	C2	0,5	3,2	0,5	3600	0,69	1,0	0,93	2310
4.	D1	0,5	5,0	0,5	3600	0,69	1,0	0,93	2310
	D2	1,5	5,1	1,6	3600	0,71	1,0	0,97	2479
	D3	1,1	4,3	1,1	3600	0,69	1,0	0,95	2360
	D4	1,0	5,0	1,5	3600	0,71	1,0	0,95	2428
	D5	1,5	5,1	1,1	3600	0,71	1,0	0,95	2428
	D6	1,2	4,3	1,2	3600	0,69	1,0	0,95	2360
5.	E1	0,8	4,6	1	3600	0,69	1,0	0,95	2360

5.5.2 Estimasi Volume Lalu Lintas Seluruh Kendaraan

Estimasi volume kendaraan pada saat proses evakuasi bertujuan untuk mengetahui jumlah arus total kendaraan atau derajat kejenuhan (DS) yang melewati ruas jalan pada saat proses evakuasi. Total jumlah seluruh kendaraan per desa diasumsikan akan melewati jalur evakuasi yang telah ditetapkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Sleman, dengan demikian pembebanan volume kendaraan diasumsikan merata pada setiap jalur dan wilayah desa masing-masing seperti pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truck	Kapasitas (Smp/Jam)	Volume (Smp/Jam)	Q/C
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	754	2519	93	2360	2339	0,99
A2	Kinahrejo-Tangkisan 2	754	2519	93	2428	2339	0,96
A3	Bedoyo Balong 1	754	2519	93	2377	2339	0,98
A4	Karanggeneng-Pagerjurang 1	754	2519	93	2310	2339	1,01
B1	Karanggeneng-Pagerjurang 2	434	1696	80	2310	1562	0,68
B2	Cakran-Kopeng 1	434	1696	80	2360	1562	0,66
C1	Srunen-Singlar	232	2100	153	2310	1818	0,79
C2	Ngasem-Singlar 1	232	2100	153	2310	1818	0,79
D1	Bedoyo-Balong 2	879	4114	68	2310	3174	1,37
D2	Brayut-Pokoh	879	4114	68	2479	3174	1,28
D3	Sembungan-Kiyaran	879	4114	68	2360	3174	1,35
D4	Cakran-Kopeng 2	879	4114	68	2428	3174	1,31
D5	Bulaksalak Kidul-Cakran	879	4114	68	2428	3174	1,31
D6	Panggung-Selorejo	879	4114	68	2360	3174	1,24
E1	Ngasem-Singlar 2	546	3261	44	2360	2331	0,98

Dari hasil analisis seluruh ruas jalur evakuasi pada Tabel 5.35 diperoleh nilai derajat kejenuhan pada kondisi evakuasi terendah ruas jalur B1 0,66 masuk dalam kategori tingkat pelayanan sedang maka jalan tersebut mampu melayani jumlah kendaraan yang melewatinya karena tidak melebihi DS maksimum yang diperbolehkan dalam standar MKJI 1997 yaitu $\leq 0,75$. Sedangkan untuk nilai DS tertinggi sebesar 1,37 pada ruas jalur D1 maka jalan tersebut tidak mampu melayani secara maksimal arus kendaraan pada saat proses evakuasi dilakukan.

5.6 ANALISIS WAKTU EVAKUASI PENDUDUK

Waktu evakuasi adalah total waktu yang dibutuhkan pada saat proses evakuasi atau memindahkan penduduk yang terkena ancaman bencana menuju ke tempat yang lebih aman. Untuk menentukan waktu evakuasi atau nilai Cevakuasi dapat dilihat pada Persamaan 3.11 dengan memakai asumsi semua arus kendaraan

akan mengarah ke selatan makan jalur menjadi 2-lajur 1-arah sehingga faktor pemisah (FC_{SF}) arah = 1. Ruas jalur yang digunakan sebagai asumsi untuk perhitungan waktu evakuasi adalah ruas awal titik kumpul pengungsi dari arah Utara menuju arah Selatan. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat perhitungan berikut.

$$t = \frac{TG}{C_{\text{evakuasi}}} \quad (5.7)$$

$$t = \frac{2339}{2360}$$

$$= 59,4 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh waktu evakuasi penduduk jika terjadi bencana berlangsung selama 59,4 menit penilaian berdasarkan hasil analisis untuk ruas jalur A1. Proses evakuasi pada alternatif ini melibatkan semua kendaraan yang ada pada desa masing-masing yang ada di Kecamatan Cangkringan. Sedangkan untuk waktu evakuasi pada ruas jalur lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Waktu Evakuasi dengan Seluruh Kendaraan

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truk	Waktu Evakuasi (t, menit)
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	754	2519	93	59,4
B2	Cakran-Kopeng 1	434	1696	80	39,6
C1	Srunen-Singlar	232	2100	153	47,4

Dari hasil rekapitulasi diperoleh waktu evakuasi penduduk masing-masing ruas jalur B2 39,6 menit dan ruas C1 47,4 menit. Untuk mengetahui perbandingan waktu yang paling efektif pada saat proses evakuasi maka dibuat alternatif skenario lainnya seperti pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.29 Alternatif Skenario 1 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Daya Angkut dan Jumlah Kendaraan Desa Umbulharjo

Alternatif Skenario 1					
Jenis kendaraan	Persentase kendaraan (%)	Jumlah kendaraan	Asumsi daya angkut/kend (jiwa)	Jumlah yang diangkut (jiwa)	Volume (kend/jam)
<i>Truk</i> (MHV)	100	93	32	2976	326
Mobil (LV)	50	377	5	1885	377
Motor (MC)	50	1260	2	2520	1260
	Total	1730		7381	1963
Waktu evakuasi (t, menit)				49,9	

Pada Alternatif skenario 1 persentase Mobil (LV) dan motor (MC) diasumsikan jumlah mobil hanya sebesar 50% dari total jumlah sebanyak 754 menjadi 377 dan motor 2519 menjadi 1260. Alternatif kedua untuk mengurangi waktu evakuasi diasumsikan penduduk menggunakan kendaraan massal. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Alternatif Skenario 2 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Daya Angkut dan Jumlah Kendaraan Desa Umbulharjo

Alternatif Skenario 1					
Jenis kendaraan	Persentase kendaraan (%)	Jumlah kendaraan	Asumsi daya angkut/kend (jiwa)	Jumlah yang diangkut (jiwa)	Volume (kend/jam)
<i>Truk</i> (MHV)	100	93	32	1520	326
Mobil (LV)	25	189	5	945	189
Motor (MC)	25	630	2	1260	315
	Total	1218		3725	830
Waktu evakuasi (t, menit)				21,1	

Dari perbandingan alternatif skenario 1 dan 2 diperoleh bahwa alternatif skenario 2 lebih efektif pada saat proses evakuasi karena waktu yang dibutuhkan lebih cepat yaitu 21,1 menit, sedangkan pada alternatif skenario 1 waktu yang

dibutuhkan 49,9 menit, sedangkan untuk jumlah jiwa yang dapat dievakuasi, alternatif skenario 1 lebih banyak karena seluruh kendaraan digunakan saat proses evakuasi. Hasil untuk waktu evakuasi pada desa lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Waktu Evakuasi dengan Alternatif Skenario 1 dan 2

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truck	Waktu Evakuasi (t, menit)	Alternatif Skenario 1 (t, menit)	Alternatif Skenario 2 (t, menit)
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	754	2519	93	59,4	49,9	21,1
B2	Cakran-Kopeng 1	434	1696	80	39,6	23,89	21,11
C1	Srunen-Singlar	232	2100	153	47,4	27,56	22,21

Dari hasil rekapitulasi untuk Desa Kepuharjo dan Desa Glagaharjo didapat waktu evakuasi untuk alternatif 1 dengan menggunakan mobil, motor masing-masing 50% dan truk 100% selama 23,89 menit dan 27,56 menit. Sedangkan jika dibandingkan dengan alternatif 2, dimana penggunaan kendaraan pribadi mobil, motor diasumsikan masing masing hanya 25% dari total jumlah kendaraan yang ada dan truk tetap digunakan 100% karena mempunyai daya angkut lebih besar, maka waktu evakuasi lebih cepat yaitu 21,11 menit untuk Desa Kepuharjo dan 22,21 menit untuk Desa Glagaharjo.

Pada saat proses evakuasi berlangsung faktor hambatan samping juga mempengaruhi kapasitas jalan tersebut, maka akan berdampak pada waktu evakuasi. Untuk mengetahui lama waktu evakuasi dari masing-masing faktor hambatan samping tersebut dibuat beberapa alternatif skenario seperti pada Tabel 5.32 dan Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.32 Alternatif Skenario 1 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Kelas Hambatan Samping Desa Umbulharjo (1 dari 2)

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekuensi Kejadian	Frekuensi Bobot
Pejalan Kaki	PED	0,5	25	12,5

Tabel 5.32 Alternatif Skenario 1 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Kelas Hambatan Samping Desa Umbulharjo (1 dari 2)

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekuensi Kejadian	Frekuensi Bobot
Parkir, Kendaraan Berhenti	PSV	1,0	7	7
Kendaraan Lambat	SMV	0,4	0	0
Total	55,5			
Waktu evakuasi (t, menit)	59,4			

Berdasarkan alternatif skenario 1 waktu evakuasi yang dibutuhkan pada saat kondisi normal sesuai dengan asumsi di atas didapat lama waktu evakuasi sebesar 59,4 menit. Dengan kelas hambatan samping rendah (L).

Pada alternatif skenario 2 diasumsikan kelas hambatan samping pada jalan tersebut dianggap pada kondisi sangat tinggi (VH) dengan asumsi semua penduduk melakukan pergerakan melalui jalan yang sama seperti pada Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Alternatif Skenario 2 pada Waktu Evakuasi Berdasarkan Kelas Hambatan Samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekuensi Kejadian	Frekuensi Bobot
Pejalan Kaki	PED	0,6	250	30
Parkir, Kendaraan Berhenti	PSV	0,8	30	24
Kendaraan Masuk + Keluar	EEV	1	300	300
Kendaraan Lambat	SMV	0,4	0	0
Total				354
Waktu evakuasi (t, menit)				68,06

Berdasarkan alternatif skenario 2 diperoleh nilai total frekuensi kelas hambatan samping sebesar 354 yang tergolong kelas hambatan samping sangat tinggi (VH) sesuai dengan standar MKJI 1997 pada Tabel 3.40. Nilai kapasitas akibat faktor hambatan samping menjadi 1,13 dan diperoleh nilai kapasitas sebesar 2062 smp/jam sesuai dengan Persamaan 3.2. Kemudian nilai kapasitas (C) yang

didapat digunakan pada Persamaan 5.7 dan didapat waktu evakuasi yang dibutuhkan Desa Umbulharjo pada saat kondisi sangat tinggi (VH) sebesar 68,06 menit dengan jumlah kendaraan yang digunakan 2339 emp/jam sesuai pada Tabel 5.28. Untuk hasil desa lainnya dengan alternatif skenario berdasarkan hambatan samping bisa dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Waktu Evakuasi dengan Berdasarkan Faktor Hambatan Samping

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truck	Alternatif Skenario 1 (t, menit)	Alternatif Skenario 2 (t, menit)
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	754	2519	93	59,4	68,06
B2	Cakran-Kopeng 1	434	1696	80	39,6	47,4
C1	Srunen-Singlar	232	2100	153	47,4	54,6

Dari hasil rekapitulasi untuk Desa Kepuharjo dan Desa Glagaharjo didapat waktu evakuasi berdasarkan faktor hambatan samping dengan skenario alternatif 1 selama 39,6 menit, skenario alternatif 2 selama 47,4 menit. Kemudian untuk Desa Glagaharjo pada alternatif 1 47,4 menit dan alternative 2 selama 54,6 menit.

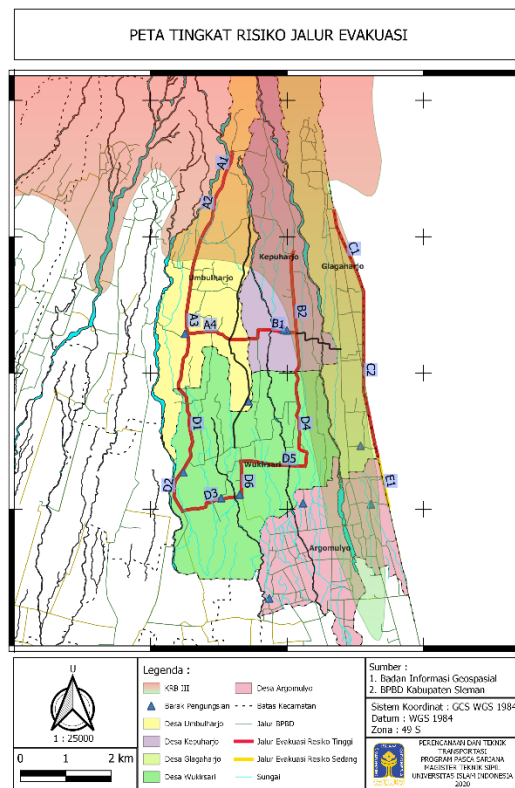
5.7 ANALISIS JARINGAN JALUR EVAKUASI

Analisis jaringan dengan menggunakan program *network analysis* yang ada pada software *quantum gis* dimaksud untuk membandingkan jalur evakuasi yang sudah ada seperti data dasar yang bersumber dari BPBD Kabupaten Sleman. Penentuan jalur evakuasi dibuat berdasarkan hasil dari analisis parameter sebagai berikut:

1. Jarak dan waktu tempuh lokasi
2. Topografi jalan
3. Kinerja Jalan
4. Kondisi Perkerasan
5. Ancaman Gunung Merapi

Dari hasil analisis dari tiap tiap variabel yang digunakan dalam masing-masing segmen jalan dijadikan patokan dalam penentuan jalur terbaik menuju lokasi barak pengungsian. Penentuan jalur terbaik ini akan dilakukan secara

otomatis oleh *extension network analyst*. Peta jalur evakuasi di Kecamatan Cangkringan dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.10 Perbandingan Jalur Evakuasi Kecamatan Cangkringan dengan *Network Analysis*

Kajian yang dilakukan menunjukkan bahwa secara umum jalur evakuasi yang dibuat memiliki efektifitas yang hampir sama dengan jalur yang di sediakan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Sleman. Hal tersebut disebabkan dari beberapa jalur evakuasi yang diteliti hanya ruas jalur pada Desa Glagaharjo yang memiliki rute alternatif. Rute alternatif tersebut memiliki jarak tempuh yang lebih panjang dengan kondisi perkerasan jalan yang lebih baik, sehingga waktu tempuh menuju barak pengungsian lebih cepat.

5.8 ANALISIS RISIKO

Berdasarkan radius dari puncak Merapi Kecamatan Cangkringan masuk dalam kategori KRB III yang artinya Kawasan yang terdampak langsung pada saat erupsi Merapi terjadi. Pembobotan resiko pada penelitian ini dengan memberikan skor hanya pada parameter tertentu yang berkaitan langsung dengan transportasi

atau kinerja jalur evakuasi. Untuk lebih lengkap bias dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Indeks Pembobotan Kelas Resiko

Kawasan Rawan Bencana (KRB)	Jarak menuju Barak (km)	Kondisi Perkerasan	<i>V/C ratio</i>	Kepadatan Penduduk (jiwa/ha)	Kelas	Skor	Bobot %
I	< 2	Baik	< 0,5	< 5	Rendah	1	100
II	3-5	Sedang	0,5-0,75	5-10	Sedang	2	
III	> 5	Jelek	> 0,75	> 10	Tinggi	3	

Dari kategori skor dari indeks pembobotan tersebut kemudian dilakukan penjumlahan pada setiap variabel. Hasil dari penjumlahan skor setiap variabel kemudian dikategorikan sebagai berikut.

1. Resiko Rendah : < 5
2. Resiko Sedang : 5-10
3. Resiko Tinggi : > 10

Berdasarkan Tabel pembobotan kelas resiko data yang didapat digunakan dari hasil analisis seperti kinerja jalur evakuasi, kondisi perkerasan jalur dan data dari instansi terkait. Untuk Penilaian Jarak menuju barak pengungsian pada jalur evakuasi dari 5 wilayah di Desa Umbulharjo, Desa Kepuharjo, Desa Glagaharjo, Desa Wukirsari dan Desa Argomulyo. Untuk skoring hasil dari analisis bisa dilihat pada Tabel 5.36 dan Tabel 5.37 berikut.

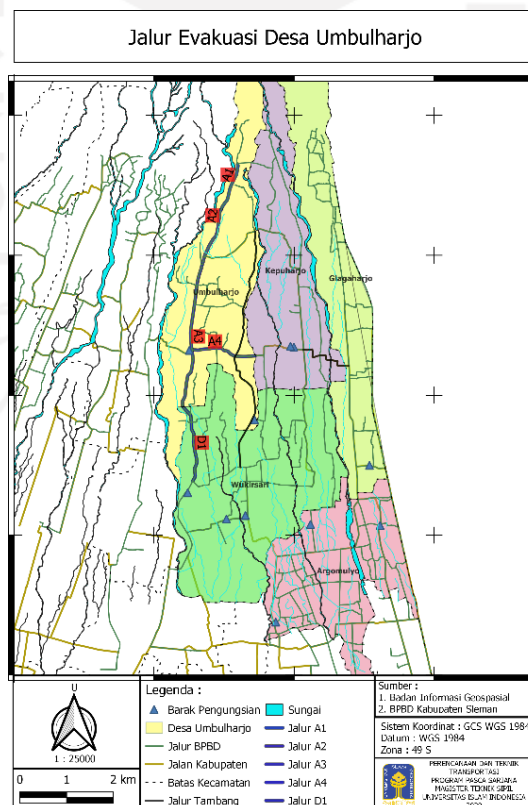
Tabel 5.36 Skoring Risiko Berdasarkan Kepadatan Penduduk

Nama Desa	Kelas (jiwa/ha)			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Umbulharjo	-	6,34	-	2
Kepuharjo	3,99	-	-	1
Glagaharjp	4,9	-	-	1
Wukirsari	-	8,11	-	2
Argomulyo	-	6,60	-	2

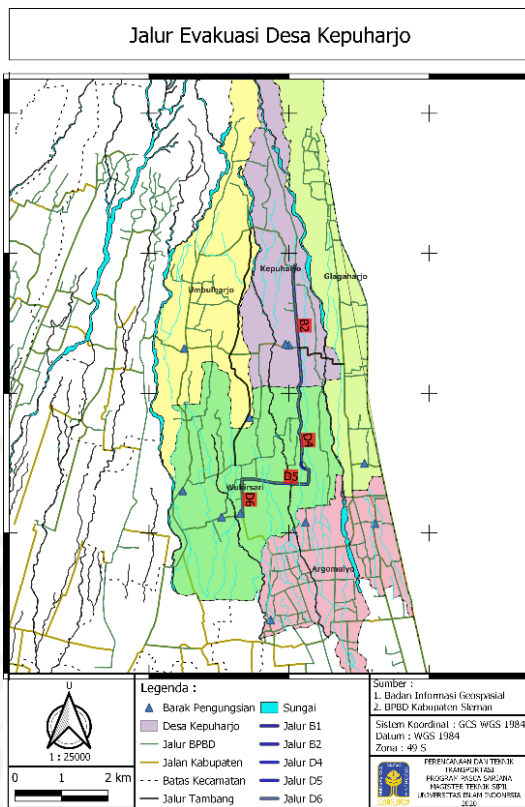
Berdasarkan hasil pada Tabel 5.36 Desa Umbulharjo, Desa Wukirsari dan Desa Argomulyo masuk dalam tingkat risiko kepadatan penduduk dengan kelas sedang, kemudian untuk Desa Kepuharjo dan Desa Glagaharjo masuk dalam tingkat risiko kepadatan penduduk yang rendah. Selanjutnya pada Tabel 5.37 dan Gambar 5.10 s/d 5.14 skoring risiko berdasarkan jarak dari titik kumpul yang ditentukan, kondisi perkerasan dan kinerja jalur evakuasi.

Tabel 5.37 Skoring Risiko Berdasarkan Jarak Titik Kumpul Menuju Barak

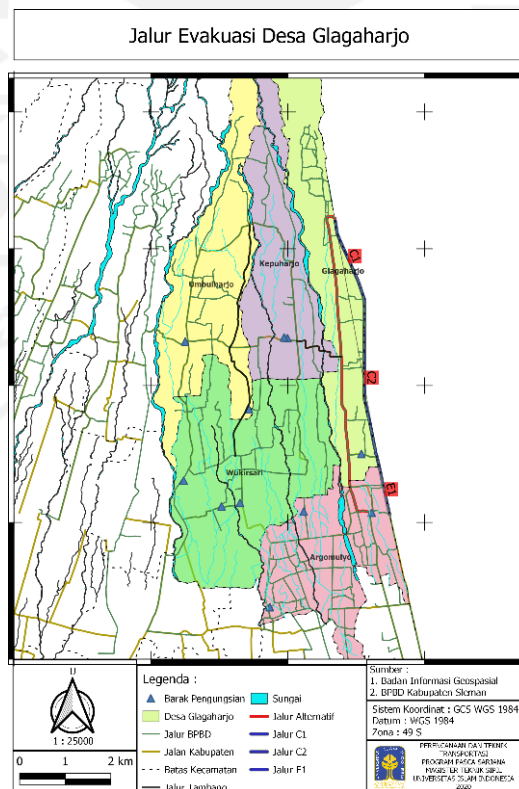
Nama Jalur (Desa)	Jalur yang dilewati	Kelas (km)			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Umbulharjo	A1-A2-A3-D1	-	-	7,2	3
Kepuharjo	B2-D4-D5-D6	-	-	9,2	3
Glagaharo	C1-C2-E1	-	-	6,9	3
Wukirsari	D1-D2-D3	-	4,3	-	2
Argomulyo	E1	1,3	-	-	1



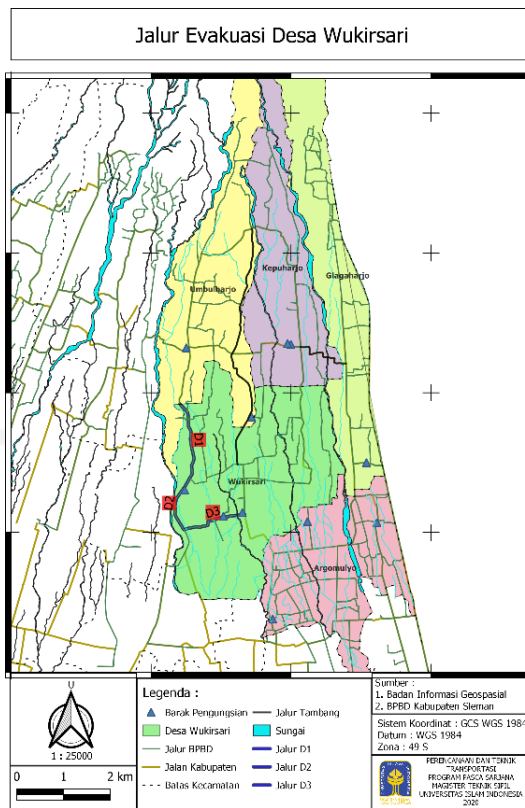
Gambar 5.11 Jalur Evakuasi Desa Umbulharjo



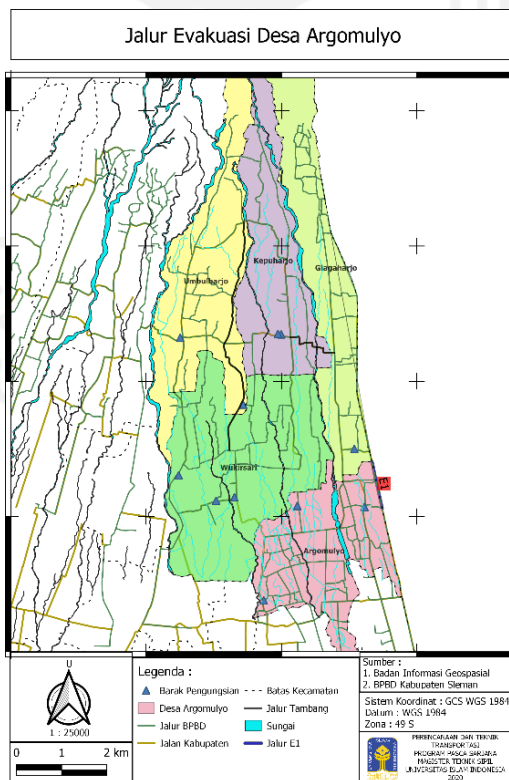
Gambar 5.12 Jalur Evakuasi Desa Kepuharjo



Gambar 5.13 Jalur Evakuasi Desa Glagaharjo



Gambar 5.14 Jalur Evakuasi Desa Wukirsari



Gambar 5.15 Jalur Evakuasi Desa Argomulyo

Dari hasil yang didapat 3 Jalur Desa yang berjarak dari puncak Merapi kurang dari 10 km masuk dalam tingkat risiko tinggi yaitu Jalur A1-A2-A3-D1, B2-D4-D5-D6, C1-C2-E1. Sedangkan Jalur tingkat risiko sedang dan Jalur E1 tingkat risiko rendah hal ini dikarenakan barak pengungsian masing-masing berada di Desa tersebut yang meliki jarak dari puncak Merapi 15 km. Skenario barak tujuan yang digunakan adalah ketetapan yang direkomendasikan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Sleman. Untuk perhitungan kondisi perkerasan dan Kinerja jalan hanya jalan yang dilewati sesuai dengan skenario pada waktu evakuasi seperti pada Tabel 5.38 dan Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.38 Skoring Risiko Berdasarkan Kondisi Perkerasan

Nama Jalur (Desa)	Jalur yang dilewati	Kondisi Perkerasan	Skor
Umbulharjo	A1	Jelek	3
	A2	Sedang	2
	A3	Sedang	2
	D1	Sedang	2
Kepuharjo	B2	Baik	1
	D4	Baik	1
	D5	Baik	1
	D6	Baik	1
Glagaharjo	C1	Baik	1
	C2	Baik	1
	E1	Baik	1
Wukirsari	D1	Sedang	2
	D2	Baik	1
	D3	Baik	1
Argomulyo	E1	Baik	1

Dari hasil skoring berdasarkan kondisi perkerasan jalur evakuasi dengan kondisi jelek adalah di Desa Umbulharjo dikarenakan jalur di Desa tersebut masi digunakan sebagai jalur truk bermuatan galian. Risiko kondisi jalan yang dimaksud

adalah pada saat proses evakuasi kondisi jalan yang baik akan mempercepat kendaraan yang akan melewati jalur tersebut, sedangkan kondisi perkerasan yang jelek mengakibatkan kecepatan kendaraan akan berkurang sepanjang jalan yang dilalui. Ada beberapa pilihan jalur yang bisa digunakan pada saat evakuasi di Desa umbulharjo, namun jalur tersebut sangat jelek karena memang dijadikan jalur truk bermuatan galian.

Tabel 5.39 Skoring Risiko Berdasarkan Kinerja Jalan

Nama Jalur (Desa)	Jalur yang dilewati	V/C Ratio			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Umbulharjo	A1	-	-	0,99	3
	A2	-	-	0,96	3
	A3	-	-	0,98	3
	D1	-	-	1,37	3
Kepuharjo	B2	-	0,66		2
	D4	-	-	1,31	3
	D5	-	-	1,31	3
	D6	-	-	1,24	3
Glagaharjo	C1	-	-	0,79	3
	C2	-	0,70	-	2
	E1	-	-	0,98	3
Wukirsari	D1	-	-	1,37	3
	D2	-	-	1,28	3
	D3	-	-	1,35	3
Argomulyo	E1	-	-	0,98	3

Nilai *V/C Ratio* yang digunakan adalah hasil analisis dengan asumsi jumlah seluruh kendaraan setiap desa baik itu mobil, motor dan truk digunakan 100%, karena akan dilihat beban maksimum dari kapasitas dan volume kendaraan. Tingkat risiko tinggi pada *V/C Ratio* akan mempengaruhi kecepatan kendaraan, sama halnya seperti kondisi perkerasan jalan yang jelek. Faktor yang mendukung

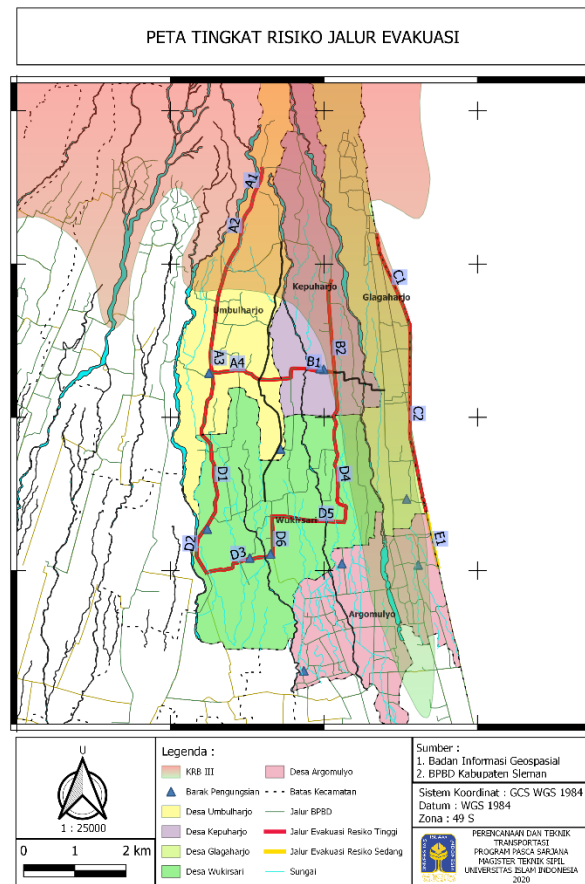
keselamatan adalah jalur evakuasi karena jalan adalah sarana untuk mobilitas/perpindahan dari satu titik ke titik lainnya. Rekapitulasi total skor pada setiap variabel yang diteliti bisa dilihat pada Tabel 5.40 dan berikut.

Tabel 5.40 Total Skor Risiko Kebencanaan di Kecamatan Cangkringan

Jalur Desa	Kawasan Rawan Bencana (KRB)	Kepadatan Penduduk (jiwa/ha)	Jarak Titik Kumpul menuju Barak (km)	Kondisi Perkerasan	V/C ratio	Total Skor	Kelas
Umbulharjo	3	2	3	3	3	14	Tinggi
Kepuharjo	3	1	3	1	3	11	Tinggi
Glagaharjp	3	1	3	1	3	11	Tinggi
Wukirsari	3	2	2	1	3	11	Tinggi
Argomulyo	3	2	1	1	3	10	Sedang

Dari hasil analisis yang dilakukan berdasarkan variabel yang sudah ditentukan didapatkan bahwa hampir seluruh Desa pada wilayah Kecamatan Cangkringan memiliki tingkat resiko yang tinggi baik itu dilihat dari radius dari puncak Merapi, kondisi perkerasan, kinerja jalur evakuasi dan jarak asal menuju lokasi barak pengungsian.

Hasil dari rekapitulasi total skor jalur evakuasi diperoleh bahwa jalur A1-A2-A3-D1, B2-D4-D5-D6, C1-C2-E1, D1-D2-D3 masuk dalam tingkat resiko “tinggi” dan Jalur E1 masuk dalam tingkat resiko “sedang” lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Peta Tingkat Resiko Jalur Evakuasi

5.9 ANALISIS PENINGKATAN KINERJA JALUR

1. Alternatif 1 Peningkatan Kinerja Jalan

Alternatif 1 berisi mengenai peningkatan kondisi jalur evakuasi Kecamatan Cangkringan yang bertujuan untuk memperlancar dan memberi keselamatan pada saat kendaraan melewati jalan tersebut. Hal yang dilakukan adalah meningkatkan kapasitas jalan seperti pada jalur A1 dengan cara melebarkan kedua sisi jalan yang tadinya hanya 4,5 m menjadi 6 m dan faktor terhadap kapasitas jalan akibat hambatan samping menjadi 0,91 (FC_w) dan 0,83 (FC_{SF}) diasumsikan kelas hambatan samping masuk pada kondisi sangat tinggi, jadi akan didapat nilai kapasitas sebesar 2719 smp/jam. Untuk perhitungan peningkatan kinerja jalan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.41 Peningkatan Kapasitas Jalan Pada Kondisi Evakuasi

No	Kode Jalan	Bahu Jalan (m)	Lebar Jalan (m)		Bahu Jalan (m)	C ₀	FC _w	FC _{SP}	FC _{SF}	C (smp/jam)
			Sebelum	Sesudah						
1.	A1	0,7	4,5	6	1,0	3600	0,91	1,0	0,83	2719
	A2	1,0	5,1	6	1,0	3600	0,91	1,0	0,83	2719
	A3	0,5	5,1	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
	A4	0,5	5,0	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
2.	B1	0,8	4,2	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
	B2	1,1	4,9	6	1,5	3600	0,91	1,0	0,83	2719
3.	C1	0,5	4	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
	C2	0,5	3,2	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
4.	D1	0,5	5,0	6	0,5	3600	0,91	1,0	0,8	2621
	D2	1,5	5,1	6	1,6	3600	0,91	1,0	0,83	2719
	D3	1,1	4,3	6	1,1	3600	0,91	1,0	0,83	2719
	D4	1,0	5,0	6	1,5	3600	0,91	1,0	0,83	2719
	D5	1,5	5,1	6	1,1	3600	0,91	1,0	0,83	2719
5.	E1	0,8	4,6	6	1	3600	0,91	1,0	0,83	2719

Tabel 5.42 Alternatif Peningkatan Kinerja Jalan (1 dari 2)

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truck	Kapasitas (Smp/Jam)	Volume (Smp/Jam)	Q/C
A1	Kinahrejo-Tangkisan 1	377	1260	93	2719	1332	0,49
A2	Kinahrejo-Tangkisan 2	377	1260	93	2719	1332	0,49
A3	Bedoyo Balong 1	377	1260	93	2621	1332	0,51
A4	Karanggeneng-Pagerjurang 1	377	1260	93	2621	1332	0,51
B1	Karanggeneng-Pagerjurang 2	217	848	80	2621	921	0,35
B2	Cakran-Kopeng 1	217	848	80	2719	921	0,34
C1	Srunen-Singlar	116	1050	153	2621	1177	0,45
C2	Ngasem-Singlar 1	116	1050	153	2621	1177	0,45
D1	Bedoyo-Balong 2	440	2057	68	2621	1706	0,65
D2	Brayut-Pokoh	440	2057	68	2719	1706	0,63
D3	Sembungan-Kiyaran	440	2057	68	2719	1706	0,63
D4	Cakran-Kopeng 2	440	2057	68	2719	1706	0,63

Tabel 5.42 Alternatif Peningkatan Kinerja Jalan (1 dari 2)

Kode Jalan	Ruas Jalan	Mobil	Sepeda Motor	Truck	Kapasitas (Smp/Jam)	Volume (Smp/Jam)	Q/C
D5	Bulaksalak Kidul-Cakran	440	2057	68	2719	1706	0,63
D6	Panggung-Selorejo	440	2057	68	2719	1706	0,63
E1	Ngasem-Singlar 2	273	1631	44	2719	1242	0,46

Dari hasil rekapitulasi perhitungan alternatif peningkatan *V/C ratio* pada seluruh ruas jalur evakuasi diperoleh nilai pelayanan jalan antara 0,34-0,65 dari 15 ruas jalur yang diteliti, maka jalan tersebut mampu melayani jumlah kendaraan yang melewatinya karena tidak melebihi DS maksimum yang diperbolehkan dalam standar MKJI 1997 yaitu $\leq 0,75$. Data masukan jumlah kendaraan yang digunakan diasumsikan seperti skenario waktu evakuasi dengan menggunakan kendaraan massal (truk) dengan persentase 100%, mobil 50% dan motor 50%. Dengan adanya peningkatan kinerja jalur maka akan berdampak pada menurunnya nilai resiko pada setiap jalur evakuasi. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43 Skoring Risiko Berdasarkan Alternatif Peningkatan Kinerja Jalan (1 dari 2)

Nama Jalur (Desa)	Jalur yang dilewati	<i>V/C Ratio</i>			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Umbulharjo	A1	-	0,49	-	2
	A2	-	0,49	-	2
	A3	-	0,51	-	2
	D1	-	0,65	-	2
Kepuharjo	B2	0,34	-	-	1
	D4	-	0,63	-	2
	D5	-	0,63	-	2
	D6	-	0,63	-	2

Tabel 5.43 Skoring Risiko Berdasarkan Alternatif Peningkatan Kinerja Jalan
(2 dari 2)

Nama Jalur (Desa)	Jalur yang dilewati	<i>V/C Ratio</i>			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Glagaharjo	C1	0,45	-	-	1
	C2	0,45	-	-	1
	E1	0,46	-	-	1
Wukirsari	D1	-	0,65	-	2
	D2	-	0,63	-	2
	D3	-	0,63	-	2
Argomulyo	E1	0,46	-	-	1

Dengan hasil yang didapat pada Tabel 5.43 setelah dilakukan peningkatan kinerja pada jalur evakuasi nilai *V/C Ratio* mengalami penurunan risiko yang tadinya resiko tinggi dengan nilai 0,99 dengan skor 3, setelah dilakukan peningkatan menjadi 0,49 dengan skor 2 masuk dalam tingkat risiko sedang pada ruas jalur A1 maka jalur tersebut dikatakan mampu melayani volume kendaraan yang akan melewati jalur tersebut.

2. Alternatif 2 Peningkatan Sumber Daya Manusia

Dalam alternatif 2 mengenai efisiensi dan langkah-langkah yang tepat dan aman dalam menghadapi bencana. Cara peningkatan sumber daya manusia bisa dilakukan dengan sosialisasi dengan masyarakat, baik itu melalui tokoh masyarakat, sarana sekolah maupun berupa simulasi. Simulasi dilakukan untuk memberikan bekal bagi masyarakat seperti, lokasi tempat berkumpul saat bencana, bagaimana proses pemindahan/evakuasi tiap jiwa ke tempat yang lebih aman, penggunaan transportasi yang lebih efektif seperti menggunakan kendaraan yang mempunyai daya angkut tinggi. Hasil dari peningkatan sumber daya ini diharapkan dapat mengurangi hambatan samping terhadap jalan yang berupa penumpukan pada satu titik area, penggunaan kendaraan yang dapat meningkatkan arus kendaraan, adanya kendaraan yang berjalan pelan. Jika hal-hal di atas sudah dilakukan dengan

cukup efektif maka lama waktu pada saat proses evakuasi dapat dipercepat. Dengan adanya peningkatan melalui edukasi sumber daya manusia diharapkan dapat mengurangi faktor risiko berdasarkan variabel yang diteliti.

5.10 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari penelitian di Kecamatan Cangkringan Kinerja jalur pada waktu evakuasi diperoleh nilai *V/C ratio* pada kondisi evakuasi terendah yaitu ruas jalur B1 0,66 masuk dalam kategori tingkat pelayanan sedang karena tidak melebihi DS maksimum yang diperbolehkan dalam standar MKJI 1997 yaitu $\leq 0,75$. Sedangkan untuk nilai DS tertinggi sebesar 1,37 pada ruas jalur D1 maka jalan tersebut tidak mampu melayani secara maksimal arus kendaraan pada saat proses evakuasi dilakukan.

Dalam Penelitian Masato (2017) pada jalur evakuasi yang berada di Kabupaten Sleman, kinerja jalur evakuasi pada saat evakuasi apabila warga menggunakan kendaraan pribadi terdapat kemacetan pada beberapa titik seperti di wilayah Desa Kaliurang Barat dan Kaliurang Timur, dengan nilai *V/C ratio* terbesar 1.45, jauh dari batas syarat nilai *V/C ratio* yang ditentukan, yaitu ≤ 0.75 .

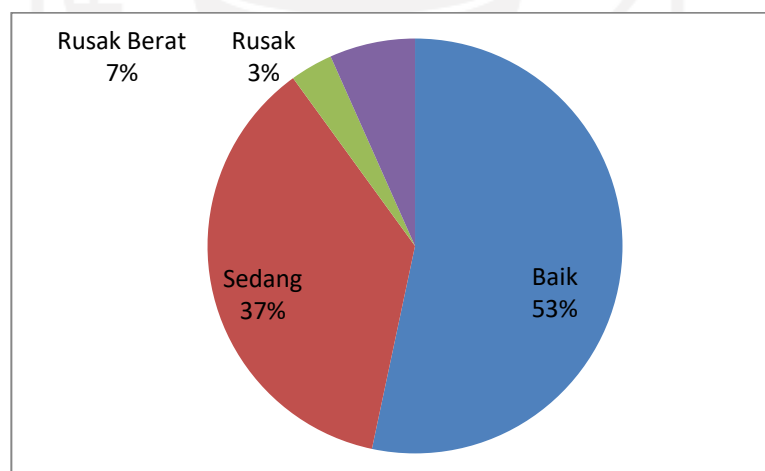
Alternatif pada penelitian ini dilakukan upaya peningkatan kinerja jalur evakuasi Merapi seperti pelebaran masing-masing ruas jalan sebesar 1 m, dengan demikian *V/C ratio* pada seluruh ruas jalur evakuasi diperoleh nilai pelayanan jalan antara 0,34-0,65 dengan asumsi jumlah kendaraan yang digunakan adalah truk dengan daya angkut lebih banyak dibanding mobil maupun motor. Waktu evakuasi juga tergantung dari skenario pemilihan moda apa saja yang akan digunakan.

Hal yang sama juga dilakukan pada penelitian Masato (2017) dalam skenario untuk peningkatan kinerja jalur evakuasi selain pelebaran jalan, apabila pemerintah bersedia menyediakan kendaraan massal pada waktu evakuasi maka nilai *V/C ratio* pada setiap jalur yang dilewati akan menurun yang berarti kemampuan atau kinerja jalur akan mampu melayani volume kendaraan secara maksimal.

Dari hasil penilaian kondisi perkerasan dengan menggunakan nilai *PCI* (*Pavement Condition Index*) secara keseluruhan nilai *PCI* untuk semua ruas jalan evakuasi yang diteliti memiliki tingkat kerusakan yang berbeda-beda seperti pada ruas jalan Kinahrejo-Tangkisan 1 dan Karanggeneng-Pagerjurang 1 nilai *PCI* 16,67

% dan 33,33 % dengan *rating* gagal (*failed*), kondisi kerusakan jalan tersebut diakibatkan adanya aktivitas kendaraan *truck* bermuatan galian melewati ruas jalan tersebut. Sedangkan untuk ruas jalan yang memiliki *rating* nilai *PCI* dengan kondisi sempurna (*excellent*) seperti pada ruas jalan Cakran-Kopeng 2 dan Ngasem-Singlar 2 hal ini disebabkan karena jalan tersebut tidak diperbolehkan *truck* yang bermuatan galian untuk melewati jalur tersebut. Pada Tabel 5.25 dapat dilihat persentase kerusakan setiap ruas jalur evakuasi.

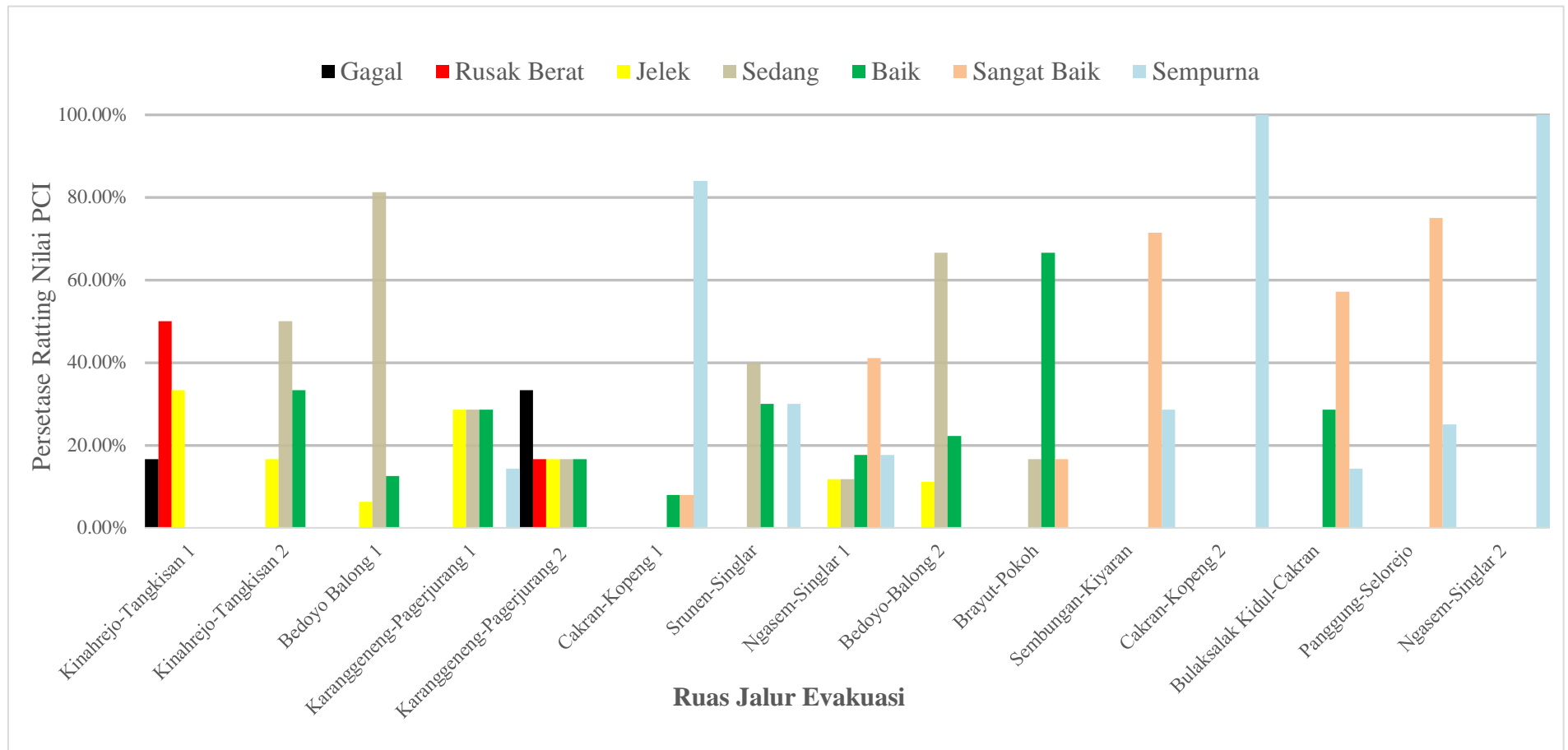
Kondisi perkerasan jalan merupakan hal yang sangat menunjang dalam proses evakuasi, kondisi jalan yang baik dapat memberikan kelancaran dan menghindari kecelakaan pada saat terjadinya evakuasi. Sedangkan pengamatan kondisi perkerasan jalan pada penelitian Masato (2017), kondisi perkerasan jalur evakuasi Sleman sudah sangat baik, hanya terdapat 3 titik jalan dengan perkerasan dengan kondisi rusak dan rusak berat, yang titik-titik tersebut merupakan jalur truk pengangkut pasir yaitu jalan D4 dan D5, juga jalur menuju objek wisata di kaliurang yaitu jalan D2.



Gambar 5.17 Kondisi Perkerasan Jalur Evakuasi Gunung Merapi

Sumber: Masato (2017)

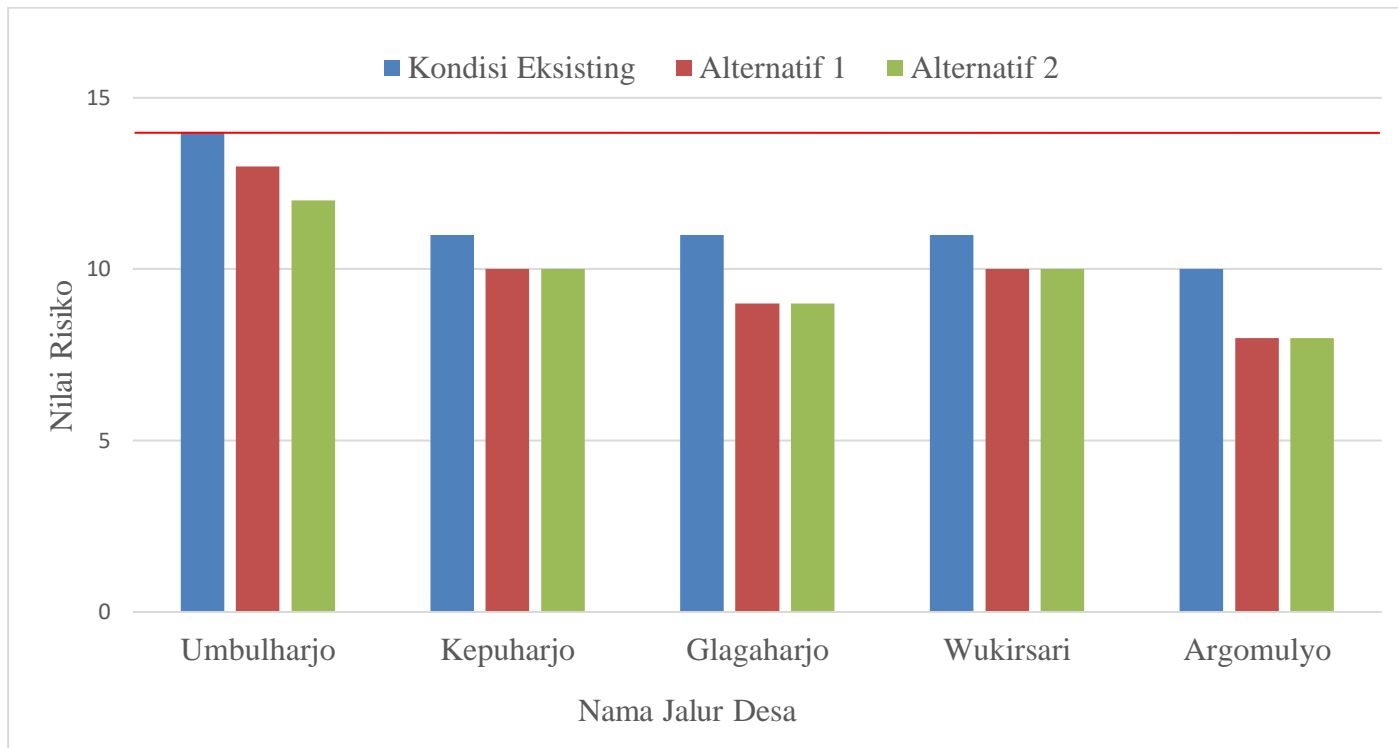
Berdasarkan Gambar 5.17 kondisi perkerasan jalur evakuasi di Kabupaten Sleman dengan kondisi Baik 53%, Sedang 37%, Rusak 3%, Rusak Berat 7%. Jalur yang kondisinya rusak adalah jalur-jalur yang digunakan sebagai rute truk bermuatan. Sedangkan untuk kondisi perkerasan pada penilitan ini bisa dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Kondisi Perkerasan Jalur Evakuasi Merapi Kecamatan Cangkringan

Kecamatan Cangkringan terbagi atas 5 desa yaitu Desa Umbulharjo, Desa Kepuharjo, Desa Glagaharjo yang berjarak dari puncak Merapi kurang dari 10 km dan 2 Desa lainnya yaitu Desa Wukirsari dan Desa Argomulyo berjarak 15 km dari puncak Merapi, dimana seluruh wilayah yang diteliti termasuk zona ring I atau dikategorikan Kawasan Rawan Bencana (KRB III) yang akan terkena dampak langsung dari letusan Merapi. Pembobotan skor pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil dari analisis kinerja jalan, kondisi perkerasan dan data lainnya yang didapat dari instansi terkait. Skor dengan kelas “tinggi” diberi nilai 3 “sedang” nilai 2 dan “rendah” diberi nilai 1. Dari kategori skor indeks pembobotan tersebut kemudian dilakukan penjumlahan pada setiap variabel. Hasil dari penjumlahan skor setiap variabel kemudian dikategorikan resiko “rendah” <5 resiko ”sedang” antara 5-10 dan resiko “tinggi” >10.

Berdasarkan pembobotan skor risiko pada hampir seluruh kawasan yang ditinjau didapatkan jalur A1-A2-A3-D1 (Desa Umbulharjo), B2-D4-D5-D6 (Desa Kepuharjo), C1-C2-E1 (Desa Glagaharjo), D1-D2-D3 (Desa Wukirsai) masuk dalam tingkat resiko “tinggi” dan E1 (Desa Argomulyo) masuk tingkat resiko “sedang” dari variabel yang diteliti seperti radius dari puncak Merapi, kondisi perkerasan, kinerja jalur evakuasi dan jarak asal menuju lokasi barak pengungsian. Tingkat risiko yang tinggi pada wilayah bencana khusus jalur transportasi akan mempengaruhi keselamatan para pengungsi, karena dalam proses evakuasi yang utama adalah keselamatan penduduk baik itu proses distribusi ke tempat yang aman, waktu evakuasi dan pemilihan moda kendaraan yang efektif. Pada Gambar 5.19 bisa dilihat perbandingan nilai risiko pada kondisi eksisting dan setelah alternatif perbaikan seperti berikut.



Gambar 5.19 Perbandingan Nilai Risiko Eksisting dengan Alternarif 1 dan Alternatif 2



Berdasarkan Gambar 5.18 dari perbandingan nilai risiko pada kondisi eksisting dan alternatif peningkatan didapat untuk alternatif 1 dengan peningkatan kinerja pada setiap jalur evakuasi dengan pelebaran jalan sebesar 1 meter dan penggunaan kendaraan saat evakuasi 100% truk, 50% masing-masing mobil dan motor, maka nilai *V/C Ratio* untuk setiap jalur evakuasi menjadi lebih baik, yang artinya nilai risiko pada setiap jalur menurun seperti pada Desa Glagaharjo pada saat kondisi eksisting nilai risiko sebesar 14 masuk dalam tingkat risiko “tinggi” setelah dilakukan alternatif 1 peningkatan kinerja jalur maka didapat tingkat risiko “sedang”. Alternatif 2 dilakukan peningkatan kondisi perkerasan setiap jalur evakuasi, diasumsikan semua kondisi perkerasan pada jalur evakuasi masuk dalam kategori baik yang artinya nilai risiko “rendah”.

Pada Penelitian Habibi (2013) sebagai perbedaan dari hasil analisis yang dilakukan. Kerentanan sosial diukur dengan kepadatan penduduk, persentase penduduk usia tua dan balita, penduduk wanita dan pemahaman masyarakat terhadap bencana. Sedangkan kerentanan ekonomi diukur dari tingkat kemiskinan penduduk dan kerentanan kelembagaan diukur dari kelembagaan penanggulangan bencana yang terdiri dari lembaga penanggulangan bencana daerah Kabupaten Magelang dan forum pengurangan risiko bencana desa di KRB III Kecamatan Dukun dan Srumbung. Berdasarkan hasil analisis kerentanan sosial dan ekonomi yang dilakukan, dari 124 dusun yang ada di KRB III Kecamatan Dukun dan Srumbung, 37 dusun diantaranya merupakan kerentanan rendah. Sedangkan 81 dusun dengan kerentanan sedang dan 6 dusun dengan kerentanan tinggi. Dusun dengan kerentanan tinggi di KRB III Kecamatan Dukun adalah Dusun Banaran di Desa Keningar. Sedangkan dusun dengan kerentanan tinggi di KRB III Kecamatan Srumbung adalah Dusun Kedawung dan Nepen di Desa Ngablak, Dusun Nglumut I di Desa Nglumut, Dusun Jamblangan di Desa Srumbung dan Dusun Ngelo di Desa Tegalrandu. Dari variabel kerentanan sosial ekonomi dan kelembagaan yang dianalisis, dapat diketahui bahwa semua variabel mempunyai pengaruh terhadap kerentanan sosial ekonomi dan kelembagaan masyarakat. Hal tersebut dilihat dari persentase kerentanan sedang hingga tinggi yang diperoleh dari variabel-variabel tersebut termasuk dalam persentase yang cukup besar. Penelitian yang dilakukan Habibi (2013) tidak ada menilai risiko jalur evakuasi, tetapi lebih masalah yang

berdampak pada kerentanan sosial, kerentanan ekonomi dan kerentanan kelembagaan.

Jalur BPBD Sleman memiliki kondisi jalan yang buruk, namun menuju langsung pada lokasi barak pengungsian. Pada penelitian Pamungkas (2019) di Kecamatan Turi. Rute yang dibuat melalui *least cost path* analisis untuk pemilihan jalur menunjukkan bahwa secara umum jalur evakuasi dibuat memiliki efektivitas yang hampir sama dengan jalur yang disediakan oleh BPBD Sleman. Hal tersebut disebabkan kondisi jalan serta waktu tempuh yang diperlukan untuk mencapai tujuan diasumsikan hampir sama. Parameter yang mendukung jalannya rute evakuasi mempercepat proses evakuasi seperti lebar, arah dan kondisi jalan.

Kajian yang dilakukan pada jalur evakuasi Kecamatan Cangkringan secara umum jalur yang sudah ada merupakan jalur yang menuju langsung pada barak pengungsian, hanya jalur Desa Glagaharjo yang memiliki alternatif jalur evakuasi setelah dilakukan *network analysis*. Persamaan jalur evakuasi yang hampir sama disebabkan karena kondisi jalan memenuhi kriteria terdapat pada titik yang sama. Jalur evakuasi Kecamatan Cangkringan merupakan akses transportasi baik itu kendaraan umum, truk galian ataupun kendaraan wisata.

5.11 RANGKUMAN HASIL ANALISIS

Rangkuman hasil analisis pada jalur evakuasi kondisi eksisting dengan kondisi setelah diberikan skenario dari beberapa parameter kemudian dilakukan peningkatan dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.44 Rangkuman Hasil Analisis

Variabel	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2
Kinerja Jalan			
Usulan alternarif	-	Peningkatan kinerja jalur evakuasi dengan cara pelebaran jalan eksisting	Peningkatan kinerja jalur dan penggunaan kendaraan massal (<i>truk</i>) 100%, Mobil 50%, Motor 50%
Nilai $V/C Ratio \leq 0,75$	1,37 (Jalur D1)	1,21 (Jalur D1)	0,65 (Jalur D1)
Waktu Evakuasi			
Usulan alternarif	-	Penggunaan mobil, motor 50% dan kendaraan massal (<i>truk</i>) 100%	Penggunaan mobil, motor 25 % dan kendaraan massal (<i>truk</i>) 100%
Waktu Evakuasi \leq 30 menit	59,4 menit (Desa Umbulharjo)	49,9 menit (Desa Umbulharjo)	21,1 menit (Desa Umbulharjo)
Nilai Risiko			
Usulan alternarif	-	Peningkatan kinerja jalur dan penggunaan kendaraan massal (<i>truk</i>) 100%, Mobil 50%, Motor 50%	Peningkatan kinerja jalur dan penggunaan kendaraan massal (<i>truk</i>) 100%, Mobil 50%, Motor 50% serta perbaikan kondisi perkerasan
Nilai Resiko	Tinggi (Desa Wukirsari)	Sedang (Desa Wukirsari)	Sedang (Desa Wukirsari)
Kondisi Perkerasan	16% Kondisi jalan jelek (<i>poor</i>) s/d gagal (<i>failed</i>) 21 % Kondisi jalan sedang (<i>fair</i>) 64% Kondisi jalan bagus (<i>good</i>) s/d sempurna (<i>excellent</i>)		

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dilapangan serta pembahasan hasil penelitian maka dapat di simpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari penelitian di Kecamatan Cangkringan kinerja jalur jika diasumsikan pada kondisi evakuasi dilewati dengan seluruh jumlah kendaraan yang ada pada setiap desa, maka hampir seluruh jalur evakuasi tidak mampu melayani secara maksimal karena nilai *V/C ratio* melebihi batas maksimum yang diperbolehkan dalam standar MKJI 1997 yaitu $\leq 0,75$. Kondisi perkerasan yang dinilai dengan metode *PCI* didapat kondisi jalan dengan *rating* baik (*good*) s/d sempurna (*excellent*) sebesar 63% *rating* sedang (*fair*) 21% dan 16% masuk dalam *rating* terendah yaitu kondisi perkerasan jelek (*poor*) s/d gagal (*failed*) seperti pada jalur A1-A2-A3-A4-B1.
2. Kajian yang dilakukan pada jalur evakuasi Kecamatan Cangkringan dengan menggunakan program *network analysis* secara umum jalur yang sudah ada merupakan jalur yang menuju langsung pada barak pengungsian, hanya jalur C1-C2-E1 yang memiliki alternatif jalur evakuasi. Persamaan jalur evakuasi yang hampir sama disebabkan karena kondisi jalan memenuhi kriteria dan terdapat pada titik yang sama.
3. Berdasarkan skor risiko pada kondisi eksisting hampir seluruh Jalur Evakuasi yang ditinjau seperti Jalur A1-A2-A3-D1, B2-D4-D5-D6, C1-C2-E1, D1-D2-D3 memiliki nilai risiko “tinggi” dan Jalur E1 masuk dalam tingkat risiko “sedang”. Setelah dilakukan beberapa skenario seperti, pelebaran jalan, perbaikan kondisi perkerasan, penggunaan kendaraan massal tingkat risiko mengalami penurunan seperti Jalur B2-D4-D5-D6, C1-C2-E1, D1-D2-D3 yang tadinya risiko “tinggi” menjadi risiko “sedang”.

6.2 SARAN

1. Peningkatan dan perbaikan kinerja jalan dan kondisi perkerasan pada jalur evakuasi sangatlah penting, karena akan mempengaruhi risiko dan waktu tempuh bagi kendaraan yang akan melewati jalur tersebut.
2. Untuk mengurangi risiko dari beberapa parameter sebaiknya pemerintah selalu memberikan sosialisasi dan simulasi dengan rutin kepada penduduk yang terdampak langsung khususnya Wilayah Desa Umbulharjo yang memiliki nilai risiko tertinggi seperti langkah awal apa saja yang dilakukan ketika kondisi evakuasi, ke arah mana saja tempat yang aman untuk pengungsi.
3. Pada Penelitian ini hanya memperhitungkan kinerja jalur, kondisi perkerasan, arah pendistribusian dengan *network analysis* dan penilaian risiko, dalam penelitian selanjutnya dapat diperhitungkan juga distribusi kebutuhan logistik untuk pengungsi menggunakan software *Plugin InaSAFE* di dalam *Quantum Gis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahams, John. (1994). *Fire Escape in Difficult Circumstances Design Against Fire*. United State Of America.
- Austroroads. (1987). *A Guide To The Visual Assesment Of Pavement Condition* NAASRA. Australia.
- Coutinho-Rodrigues, J., Lino, T., dan Alçada-Almeida, L. (2012). *Solving a Location Routing Problem with a Multiobjective Approach: The Design of Urban Evacuation Plans*. *Journal of Transport Geography*, 22: 206-18.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2018). *Indeks Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2010). *Peraturan Kepala BNPB No. 13 Tahun 2010 Tentang Pedoman, Pertolongan dan Evakuasi*. Jakarta.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman. (2020). *Geoservice Kebencanaan Sleman*, Yogyakarta.
- Basyid. (2010). *Pengembangan Peta Rencana Kontijensi Bencana Gunung Api Di Gunung Api Lokon*. *Jurnal Rekayasa Institut Teknologi Nasional*. 14 (4):216-226.
- Black, J.A. (1981). *Urban Transport Planning: Theory and Practice*, London, Cromm Helm.
- Cichociński, P. dan Dębińska, E. (2016). *Application of 3d Network Analysis for Development of Evacuation Plans and Procedures for Multi-Storey Building*. Perugia : *Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2016"* : 63 – 69
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* (MKJI). Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2007.a, *Penyusunan Sistem Manajemen dan Pedoman Keselamatan Jalan dalam Kegiatan Pembangunan Jalan*, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum

- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2007.a, *Penyusunan Sistem Manajemen dan Pedoman Keselamatan Jalan dalam Kegiatan Pembangunan Jalan*, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2011). *Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Nomor: 13/PRT/M/2011. Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Antar Kota.
- ESRI. (1998). *ArcView Network Analyst*, Environmental System Research Institute, Inc.
- Federal Aviation Administration. (2010). *Roadway Distresses*. FAA Paveair. Washington, D.C.
- Habibi dan Buchori. (2013). Model Spasial Kerentanan Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Terhadap Bencana Gunung Merapi. *Jurnal Teknik PWK 2* (1):1-10.
- Haryanto, Bidhin. (2013). Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai PCI dan IRI Pada Jalan Wates Kabupaten Bantul. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Idris, Fadli. (2016). Optimasi Jalur Evakuasi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami, Perencanaan Mitigasi Bencana Pada Kota Meulaboh Kabupaten Aceh Barat. *Tesis*. Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh.
- Indonesia Geospatial Portal. Diakses 25 Agustus 2020, dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- Masato J, M.D (2017). Pemodelan Lalu Lintas Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Yogyakarta. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mei, E.T.W., Lavigne, F., Picquout, A., Bélizal, E., Brunstein, D., Grancher, D., Sartohadi, J., Cholik, N., dan Vidal, C. (2013). *Lessons Learned from The 2010 Evacuations at Merapi Volcano*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 261 Elsevier B.V.: 348-65.
- Neal, Brett. (2011). *13 Pavement Defects and Failures*. Paveman Pro. United States Of America.
- Noor, D. (2014). *Pengantar Mitigasi Bencana Geologi*. Yogyakarta.

- Nurjanah, D., Kuswanda, D., dan Siswanto, A. (2012). *Manajemen Bencana*. Bandung: Alfabeta.
- Purwoko, R. H. (2014). Evaluasi Kinerja Ruas Jalur Evakuasi Pada Desa Kepuharjo Cangkringan Sleman. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Pamungkas, R. (2019). Evaluasi Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Dengan Menggunakan Metode *Least Cost Path Analysis* Di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Saadatseresht, M., Mansourian, A., dan Taleai, M. (2009). *Evacuation Planning Using Multiobjective Evolutionary Optimization Approach*. *European Journal of Operational Research*, 198 (1) Elsevier B.V.: 305-14.
- Sukirman, S. (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung
- Suwardo dan Sugiharto. (2004). Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat *Rolling Straight Edge* Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI) *Simposium VII FTSPT*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Syiko, Rachmawati dan Rachmansyah. (2014). Analisis Risiko Bencana Sebelum dan Setelah Letusan Gunung Kelud Di Kecamatan Ngantang, Malang. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*. 5 (2):22-28.
- Tamin, Ofyar Zainuddin. (2000). *Perencanaan & Rekayasa Pemodelan Transportasi*. Bandung. ITB.
- Widodo, S. (2009). Pengaruh Kerusakan Perkerasan Aspal Terhadap Umur Pelayanan Jalan Raya Di Jalan Nasional Kartasura-Klaten. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. 10 (3): 212-218.