

**TESIS**  
**ANALISIS DAMPAK PEMBANGUNAN BANDARA YOGYAKARTA**  
**INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) TERHADAP KINERJA RUAS**  
**JALAN KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG) – TOYAN**

*(ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF YOGYAKARTA  
INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) AIRPORT ON THE PERFORMANCE OF  
ROAD KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG) – TOYAN)*



**Disusun Oleh:**

**Nandang Sungkono**

**16914022**

**KONSENTRASI PERENCANAAN DAN TEKNIK TRANSPORTASI**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS DAMPAK PEMBANGUNAN BANDARA YOGYAKARTA  
INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) TERHADAP KINERJA RUAS  
JALAN KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG) - TOYAN**

***(ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF  
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) AIRPORT ON THE  
PERFORMANCE OF ROAD KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG) –  
TOYAN)***

**Disusun Oleh:**

**Nandang Sungkono  
16914022**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh derajat Magister Teknik Sipil  
Diuji pada tanggal 21 Oktober 2020  
Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing I**



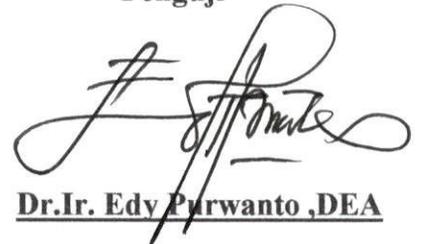
**Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D**

**Pembimbing II**



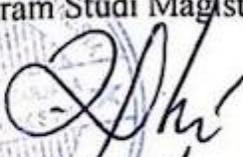
**Rizki Budi Utomo, S.T., M.T**

**Penguji**



**Dr. Ir. Edy Purwanto, DEA**

**Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil**

  
**Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.**

TESIS

**ANALISIS DAMPAK PEMBANGUNAN BANDARA YOGYAKARTA  
INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) TERHADAP KINERJA RUAS  
JALAN KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG ) - TOYAN**

*(ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF  
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT (YIA) AIRPORT ON THE  
PERFORMANCE OF ROAD KARANGNONGKO (BTS PROV JATENG) –  
TOYAN)*



Disusun Oleh:

Nandang Sungkono

16914022

Diperiksa dan disetujui oleh :

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 3-11-2020

Rizki Budi Utomo, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 24-11-2020

## ABSTRAK

Pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) menjadikan semakin pesatnya arus kendaraan dari arah Yogyakarta maupun luar daerah yang menuju bandara Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) meningkat secara signifikan khususnya pada Jalan Nasional Yogyakarta – Karangnongko yang merupakan jalur utama yang menghubungkan Yogyakarta dan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA).

Hasil dari penelitian ini adalah Volume kendaraan pada jam sibuk sebesar 1221 smp/jam dengan nilai derajat kejenuhan = 0,41 dan nilai kapasitas sebesar = 3007 smp/jam, dampak dari adanya pembangunan Bandara Yogyakarta Internasioanl Airport (YIA) terhadap kinerja ruas jalan karngnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan adalah untuk tahun 2020 masih bisa memenuhi kapasitas jalan tetapi untuk tahun 2029 dengan pertumbuhan lalu lintas sebesar 8 % diperlukan penambahan kapasitas dengan pelebaran jalan.

Sedangkan nilai sisa umur rencana berdasarkan metode Bina Marga didapat ESAL pangkat 4 2014 sebesar 10.160.143 dan ESAL pangkat 4 Tahun 2019 sebesar 14.102.017 sehingga sisa umur rencana sebesar 28 % dan berdasarkan nilai IRI rata – rata sebesar 3,14 diperlukan pemeliharaan Rutin. Sedangkan berdasarkan Data Hasil FWD didapat Cesal Efektif 2020 sebesar 221.239 dan Cesal Rencana sebesar 14.102.017 sehingga umur rencana jalan habis dan didapat Nilai SCI sebesar 0,91 dengan penanganan Overlay Fungsional

Kata Kunci : Bandara Yogyakarta Internasional Airpot (YIA), Kinerja Ruas Jalan, IRI, FWD, SCI

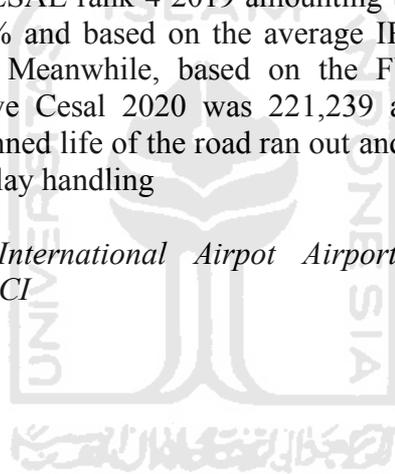
## ABSTRACT

The construction of Yogyakarta International Airport (YIA) has made the flow of vehicles from Yogyakarta and outside the area to Yogyakarta International Airport (YIA) increase significantly, especially on the Yogyakarta - Karangnongko National Road which is the main route connecting Yogyakarta and Yogyakarta International Airport.

The results of this research are the volume of vehicles at peak hours of 1221 pcu / hour with a value of degree of saturation = 0.41 and a capacity value of = 3007 pcu / hour, the impact of the construction of Yogyakarta International Airport (YIA) on the performance of the Karangnongko road ( Bts Prov. Central Java) - Toyan is for 2020 still able to meet road capacity but for 2029 with a traffic growth of 8%, additional capacity is required by road widening.

Age plan based on the Bina Marga method, the ESAL rank 4 2014 is obtained 10.160.143 and ESAL rank 4 2019 amounting to 14,102,017 so that the remaining plan life is 28% and based on the average IRI value of 3.14, routine maintenance is required. Meanwhile, based on the FWD result data, it was obtained that the Effective Ceval 2020 was 221,239 and the Plan Ceval was 14,102,017 so that the planned life of the road ran out and obtained a SCI value of 0.91 with Functional Overlay handling

*Keywords: Yogyakarta International Airport (YIA), Road Section Performance, IRI, FWD, SCI*



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tesis yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program magister di program studi pascasarjana magister teknik sipil, fakultas teknik sipil dan perencanaan, universitas islam indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan tesisi yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah di tulis dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulis karta ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh laporan tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian – bagian tertentu, saya bersedia menerima sangksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Oktober 2020



Nandang Sungkono

16914022

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puja dan puji syukur selalu tercurahkan kehadirat Allah SWT atas pemberian rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam selalu ditujukan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke jaman yang terang dan kita nanti-nantikan syafaatnya di hari yaumulqiyamah nanti.

Laporan tesis ini disusun sebagai satu wujud nyata untuk memperoleh gelar Magister Perencanaan Teknik Transportasi (S-2). Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T.,M.T.,Ph.D dan Bapak Rizky Budi Utomo S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing I Dan II, yang telah memberikan bimbingan dan masukan – masukan selama penyusunan Tesis.
2. Bapak Dr . Ir Edy Purwonto CES. DEA Selaku Dosen Penguji Tesis
3. Istri Heny Suryowati dan Kedua Anakku Ackley dan Arvind yang telah memberikan dukungan terbesar, motivasi, semangat serta do'a yang tidak pernah putus kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini.
4. Saudara seperkuliahan perencanaan dan teknik transportasi Universitas Islam Indonesia angkatan 2016, terima kasih atas dukungan, kerjasama, dan bantuan- bantuan selama masa perkuliahan sampai tesis selesai..
5. Semua Pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu telah memberikan bantuan data data Sekunder dalam penyelesaian Tesis ini

Penyusun menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan oleh karena itu penyusus, mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan laporan Tesis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, Oktober 2020

Nandang Sungkono



## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b>	i
<b>PENGESAHAN</b>	ii
<b>PERSETUJUAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	8
3.1 Transportasi	8
3.2 Kinerja Ruas Jalan	10
3.3 Derajat Kejenuhan	11
3.4 Kapasitas Jalan	12
3.4.1 Kapasitas Dasar	13
3.4.2 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas	14
3.4.3 Faktor Penyesuaian Akibat Pemisah Arah	15
3.4.4 Faktor Bobot Hambatan Samping	15
3.4.5 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping ( $FC_{st}$ )	17
3.5 Kecepatan Arus Bebas	19
3.5.1 Kecepatan Arus Bebas Dasar	21



3.5.2 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat	22
3.5.3 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Dan Lebar Bahu	23
3.5.4 Faktor Penyesuaian Akibat Kelas Fungsi Jalan	24
3.6 Perkerasan Jalan	24
3.6.1 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan	26
3.6.2 Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan	31
3.7 Perhitungan Indeks International Roughness Index (IRI)	31
3.8 Data Survey FWD	34
3.8.1 Metode SDI.	34
3.8.2 Metode Mekanistik – Empirik	36
3.8.3 Metode Volume Lalu Lintas	38
3.8.4 Analisa Tebal Perkerasan	46
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	53
4.1 Lokasi Penelitian	53
4.2 Tahapan Penelitian	53
4.2.1 Kinerja Ruas Jalan	53
4.2.2 Perkerasan Jalan	53
4.3 Alat Penelitian	54
4.4 Waktu Pelaksanaan Survei	54
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	63
5.1 Lokasi Penelitian	63
5.2 Data Kondisi Jalan	64
5.3 Data Jumlah Kendaraan	65
5.4 Analisis Kinerja Ruas Jalan Karangnongko (BTS Prov Jateng) – Toyan	67
5.4.1 Analisis Arus Total	67
5.4.2 Analisis Kecepatan Arus Bebas	69
5.4.3 Analisis Kapasitas Jalan	70
5.4.4 Derajat Kejenuhan	71
5.4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas	71
5.4.6 Hasil Pengumpulan Data Perkerasan Jalan	73
5.4.7 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga	77

5.4.8 Penanganan Kerusakan Berdasarkan Metode Bina Marga	68
5.5 Analisa Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2017	
Dan Prediksi Umur Perkerasan	75
5.6 Analisa Tebal Perkerasan dan Sisa Umur Perkerasan	86
5.6.1 Analisa Beban Lalu Lintas	77
5.7 Analisa Lapis Tambahan (overlay) dengan metode MDP 2017	91
5.8 Pembahasan	94
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	102
6.1 Kesimpulan	102
6.2 Saran	102
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kapasitas Dasar Ruas Jalan Luar Kota	13
Tabel 3.2 Tipe Alinyemen untuk Penentuan Kapasitas	14
Tabel 3.3 Faktor Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas	14
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Akibat Pemisah Arah	15
Tabel 3.5 Faktor Kejadian Hambatan Samping	16
Tabel 3.6 Faktor Kelas Hambatan Samping	16
Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping	17
Tabel 3.8 Faktor Hambatan Samping Luar Kota	
Tabel 3.9 Faktor Penyesuaian Luar Kota	18
Tabel 3.10 Kecepatan Arus Bebas Dasar	21
Tabel 3.11 Penyesuaian Akibat Lebar Lalu Lintas ( $FFV_w$ )	21
Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu ( $FFV_{SF}$ )	23
Tabel 3.13 Faktor Penyesuaian Akibat Kelas Fungsi Jalan ( $FFV_{RC}$ )	24
Tabel 3.14 Tabel Nilai IRI	33
Tabel 3.15 Nilai Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas	39
Tabel 3.16 Nilai Faktor Distribusi Lajur	42
Tabel 3.17 Data Beban Gandar	42
Tabel 3.18 Penanganan Jalan Berdasarkan Nilai SCI	51
Tabel 5.1 Kondisi Geometri Ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan	64
Tabel 5.2 Jumlah Kendaraan Ruas Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan	65
Tabel 5.3 Arus Harian Ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan pada hari Kamis, Minggu, Senin	67
Tabel 5.4 Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2019	63
Tabel 5.5 Hasil Nilai IRI	77
Tabel 5.6 Strategi Penanganan Metode Bina Marga Berdasarkan	

Nilai IRI	81
Tabel 5.7 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahun 2014 dan 2019	85
Tabel 5.8 Data Lendutan FWD Arah Jogja	86
Tabel 5.9 Data Lendutan FWD Arah Bandara	87
Tabel 5.10 Perhitungan Nilai ESA 4 Sebelum Bandara	88
Tabel 5.11 Perhitungan Nilai ESA 4 Setelah ada Bandara	90
Table 5.12 Derajat Kejenuhan dan Tingkat Pelayanan Pada Kondisi Normal	94
Tabel 5.13 Perhitungan Nilai DS Eksisting	95
Tabel 5.14 Perhitungan Nilai DS Lebar 14m	97
Tabel 5.15 Rekomendasi Penganan Segmentasi Arah Bandara	100
Tabel 5.16 Rekomendasi Penganan Segmentasi Arah Jogja	100
Tabel 5.17 Sisa Umur Lencana - Lendutan FWD	101



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Distribusi Beban Kendaraan pada Struktur Jalan	25
Gambar 3.2 Hubungan Indeks Permukaan (IP) Dan IRI	32
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	55
Gambar 5.1 Lokasi Penelitian	63
Gambar 5.2 Lokasi Penelitian Ruas Jalan Karangnongko – Toyan	63
Gambar 5.3 Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Karangnongko – Toyan	63
Gambar 5.4 Nilai DS rencana 10 Tahun Umur Rencana	96
Gambar 5.5 Presentase Kerusakan Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai IRI	98
Gambar 5.6 Indikasi Pengerasan Berdasarkan Nilai SCI	99



## **BAB I : PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sistem transportasi adalah sarana dan prasarana yang penting untuk menunjang keberhasilan pembangunan negara salah satunya adalah Indonesia. Transportasi merupakan kegiatan pemindahan barang dan atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain (Abbas, 2004). Dengan adanya transportasi diharapkan dapat menghilangkan isolasi dan memberi stimulan ke arah perkembangan di semua bidang kehidupan, baik perdagangan, industri maupun sektor lainnya dapat merata pada seluruh wilayah. Volume lalu lintas akan meningkat dan menurunnya kecepatan rencana pada kondisi tertentu diakibatkan adanya pesatnya pertumbuhan dan perkembangan suatu wilayah sehingga mengakibatkan kepadatan lalu lintas. Kepadatan lalu lintas ini berupa kendaraan bermotor roda dua, roda empat dan kendaraan besar seperti truk, bus dan lain sebagainya. Sehingga menimbulkan kemacetan jalan karena rasio antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan yang ada tidak seimbang.

Perubahan struktur ruang kota akan mempengaruhi pola pergerakan yang kemudian akan membebani jaringan jalan di suatu wilayah sehingga diperlukan studi analisis dampak lalu lintas (andalalin). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas, analisis dampak lalu lintas (andalalin) bertujuan untuk mengetahui dampak lalu lintas terhadap rencana pembangunan pusat kegiatan, permukiman, dan infrastruktur yang akan menimbulkan gangguan keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan. Salah satunya akibat pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) yang terletak di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dengan pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) ini menjadikan semakin pesatnya arus kendaraan dari arah Yogyakarta maupun luar daerah yang menuju bandara Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) meningkat secara signifikan khususnya pada Jalan Nasional Yogyakarta – Karangnongko yang merupakan jalur utama yang menghubungkan Yogyakarta dan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA). Kondisi ini dapat ditunjukkan dengan semakin padatnya ruas jalan yang menuju Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) yang berakibat pada rusaknya jalan karena banyak kendaraan yang melalui jalur tersebut. Sebagai jalur utama penghubung antara Yogyakarta dan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA), menjadikan intensitas kendaraan yang melintas cukup tinggi dan ini dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan menjadi lebih pelan sehingga waktu pembebanan pada perkerasan jalan menjadi tinggi. Karena perkerasan jalan bersifat viskoelastis dimana sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan, maka waktu pembebanan yang tinggi menyebabkan regangan yang terjadi menjadi semakin besar dan mengakibatkan berkurangnya nilai kekakuan material. Seiring dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas tersebut menyebabkan berbagai kendala, salah satunya adalah kerusakan pada bagian konstruksi jalan yang tidak sesuai dengan umur rencana perkerasan jalan, salah satu penyebab dari kerusakan itu adalah faktor *loading time* sebagai akibat dari kecepatan kendaraan.

Salah satu hal yang penting kehidupan berbangsa dan bernegara adalah transportasi yang berperan sangat penting terhadap keberhasilan pembangunan suatu wilayah. Sistem transportasi yang baik dan handal akan mendukung keberhasilan suatu wilayah. Dengan adanya pertumbuhan transportasi udara akan membawa pengaruh terhadap akses darat menuju bandara sehingga mengakibatkan meningkatnya kepadatan dan kemacetan seiring dengan bertambahnya jumlah orang yang mengakses ke bandara . (Yusmar, 2013).

Oleh sebab itu penting untuk mempertahankan kinerja ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan secara struktural dan konstruksi, untuk

itu perlunya penelitian ini dilakukan guna mengetahui nilai sisa umur dan perkerasan jalan dan kinerja lalu lintas jalan raya, yang tepat menuju bandara Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA).

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja lalu lintas pada ruas jalan raya Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan akibat adanya pembangunan bandara baru YIA diukur dari Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Kecepatan Arus Bebas (FV)?
2. Bagaimana dampak pembangunan bandara baru YIA terhadap nilai sisa dan umur perkerasan jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur kinerja lalu lintas pada ruas jalan raya Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan akibat adanya pembangunan bandara baru YIA
2. Mengetahui dampak pembangunan bandara baru YIA terhadap nilai sisa dan umur perkerasan jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini ialah:

1. Manfaat untuk Pemerintah Daerah dan Pusat

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai tolak ukur maupun pertimbangan pemerintah daerah dalam rangka melakukan pembangunan jalan raya antara Yogyakarta menuju bandara ataupun sebaliknya.

2. Manfaat untuk Kelembagaan Penelitian

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan untuk melakukan penelitian yang bersifat pengulangan untuk pusat kegiatan lain ataupun untuk penelitian yang bersifat melanjutkan penelitian yang sudah ada.

### 3. Manfaat untuk Peneliti

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menambah pengetahuan peneliti tentang konstruksi jalan dan penerapannya langsung dalam dunia kerja.

## 1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian tugas akhir ini berjalan sistematis, maka perlu diberikan batasan-batasan, sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan menuju Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) yaitu ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan.
2. Masalah yang diteliti adalah dampak pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) terhadap kinerja lalu lintas diukur dari Derajat Kejenuhan (DS), kecepatan Arus Bebas (FV), dan umur perkerasan.

## BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka mempunyai arti peninjauan kembali (*review*) pustaka-pustaka yang sudah pernah dilakukan dan dapat membedakan atau menjadi bukti bahwa penelitian belum pernah dilakukan. Pada bab I telah disebutkan bahwa penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dampak pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) terhadap kinerja lalu lintas pada ruas jalan raya Yogyakarta – Karangnongko, umur perkerasan, dari dampak pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA). Dari hasil analisis ini akan diketahui dampak dari pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) baik dalam hal umur perkerasan jalan, kinerja lalu lintas pada ruas jalan raya Yogyakarta – Karangnongko, dan pemilihan moda transportasi dari Yogyakarta menuju bandara maupun sebaliknya. Pada bab II ini akan dijelaskan tentang penelitian - penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai tolak ukur penelitian yang akan dilakukan agar membuktikan keaslian penelitian ini dan tidak sama dengan penelitian yang sebelumnya.

Sebagai bahan referensi pada penelitian ini, maka pada bab ini akan dijelaskan beberapa penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan beserta hasil penelitiannya. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fernando,et.al (2007) menganalisis perkerasan lentur yang terdiri dari empat lapisan yaitu aspal beton, tanah berbatu, tanah dasar terstabilisasi, dan tanah dasar berupa pasir. Ditemukan bahwa perkerasan dengan nilai modulus AC lebih tinggi diprediksi memiliki performa yang lebih baik. Hasil dari pemadatan dapat membantu menemukan persyaratan *coring* dan penggalian untuk menyelesaikan pekerjaan di lapangan dan uji laboratorium.
2. Utama, Rangga M., dan Ida Farida (2016) melakukan evaluasi kondisi struktural pada jalan berdasarkan hubungan antara ketidakrataaan permukaan jalan (IRI) dan indeks kondisi jalan (RCI) pada Ruas Jalan Selajambe-Cibeet sepanjang 28,591 km. Dari hasil analisis didapat nilai IRI = 4,00 m/km, IP/PSI = 1,824 dan RCI = 6,87.

Artinya ruas jalan memiliki kondisi yang baik (RCI 6-7), namun fungsi pelayanan kurang baik (nilai IP/PSI < 2). Dengan tingkat kerusakan jalan rata-rata adalah 5,130%.

3. Purwingga, Enji P. (2016) melakukan evaluasi kerusakan dini akibat beban berlebih pada perkerasan lentur untuk Ruas Jalan Kartasura-Batas Kota Klaten Km 11+900 – Km 12+300 dari arah Jogja ke Solo. Metode yang digunakan dengan melakukan pemeriksaan perkerasan lentur, pemeriksaan jembatan timbang, serta pemeriksaan jenis kerusakan jalan akibat beban berlebih. Pengolahan data yang didapat antara lain menyatakan ruas jalan mengalami *overloading*, menghitung umur sisa perkerasan lentur akibat beban berlebih dengan metode AASHTO 1993. Berdasarkan perhitungan terdapat penyusutan umur sisa perkerasan antara keadaan normal dengan sisa perkerasan yang terkena dampak overload sebesar 14,75% dan umur rencana jalan akan berakhir pada tahun ke-6. Solusi untuk meminimalisir kerusakan jalan akibat beban berlebih yaitu: mengganti jalan dengan perkerasan kaku, perlu dibuat jembatan timbang dan dibuat peraturan yang tegas.

4. Feby dan Yayuk (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengukur kinerja lalu lintas pada ruas jalan pada pusat perbelanjaan Pasar Pagi Kota Pangkalpinang dengan hasil nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,11, FV sebesar 38,42 km/jam, kecepatan yang ditempuh untuk mobil 23,67 km/jam dan motor sebesar 29,93 km/jam sedangkan nilai kapasitas sebesar 4095,6 smp/jam. Dampak lalu lintas dipengaruhi beberapa faktor salah satunya kendaraan parkir di badan jalan yang hampir memaki seluaruh badan jalan, pedagang kaki lima, pejalan kaki yang berjualan di badan jalan dengan hasil tingkat pelayanan jalan A

5. Pratanto (2006) melakukan penelitian bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis dampak pembangunan terminal kargo terhadap sistem transportasi yang ada di Kota Kudus seperti angkutan barang dan aspek perubahan mode transportasi yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan metode deskripsi dan distribusi frekuensi dengan asumsi pengoperasian dan pembangunan terminal

kargo kendaraan tonase besar tidak diperbolehkan masuk dalam kota. Dari hasil penelitian didapatkan kinerja ruas jalan arteri depan terminal berkurang, pada jaringan jalan dalam kota semakin bertambah kendaraan dengan tonase kecil sebesar 3 x lipat.

Terdapat beberapa perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan metode modifikasi Bina Marga 2017 dalam perencanaan tebal perkerasan kaku.
2. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan lentur.
3. Menggunakan data FWD dalam menghitung umur rencana dan kebutuhan tebal perkerasan.
4. Jalan yang ditinjau adalah Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu adalah sebagai berikut:

1. Memperhitungkan nilai sisa dan umur perkerasan jalan terhadap beban berlebih.
2. Mengetahui kinerja lalu lintas pada ruas jalan raya akibat kepadatan lalu lintas

## BAB III: LANDASAN TEORI

### 3.1 Transportasi

Transportasi memiliki pengertian sebagai usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, dimana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2002). Transportasi merupakan hal yang penting dalam suatu sistem karena tanpa transportasi hubungan antara satu tempat dengan tempat lain tidak terwujud dengan baik (Dian dan Nany, 2013). Hurst dalam Dian dan Nany (2013) juga mengemukakan bahwa interaksi antar wilayah tercermin pada kondisi fasilitas transportasi serta aliran manusia, barang, maupun jasa. Untuk membangun dan mendukung sistem ekonomi suatu bangsa dibutuhkan sistem transportasi yang handal untuk mengakses dan membuka suatu wilayah yang terisolir dan terbelakang sehingga sistem transportasi yang baik akan mendukung pembangunan di suatu wilayah tersebut.

Bersumber pada definisi sustainable transportation dari *The Centre of Sustainable Transportation Canada (2002)*.

Sistem transportasi yang berkelanjutan adalah sistem transportasi yang:

1. Menjadi akses utama yang diperlukan oleh orang serta warga supaya keamanannya lebih terpelihara, manusiawi, tidak mencemari area, serta membagikan keadilan baik di dalam ataupun antar generasi;
2. Bisa dioperasikan secara efektif; membagikan opsi moda transportasi serta menunjang pergerakan aspek ekonomi;
3. menghalangi emisi, pemborosan dalam keahlian bumi menyerapnya, meminimalkan pemakaian sumber energi alam yang tidak bisa diperbarui, menghalangi pemakaian sumber energi alam yang bisa diperbarui supaya kualitasnya senantiasa terpelihara, memakai serta memperbaiki bagian-

bagiannya, serta meminimalkan pemakaian lahan serta penciptaan yang memunculkan kegaduhan.

Secara khusus transportasi berkelanjutan diartikan sebagai “upaya untuk memenuhi kebutuhan mobilitas transportasi generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhan mobilitasnya”. Sistem transportasi berkelanjutan dikatakan sebagai suatu sistem transportasi yang mengakomodasi aksesibilitas semaksimal mungkin dengan dampak negatif yang seminimal mungkin. Secara spesial transportasi berkepanjangan dimaksud bagaikan“ upaya buat penuh kebutuhan mobilitas transportasi generasi dikala ini tanpa kurangi keahlian generasi mendatang dalam penuh kebutuhan mobilitasnya”. Sistem transportasi berkepanjangan dikatakan bagaikan sesuatu sistem transportasi yang mengakomodasi aksesibilitas semaksimal bisa jadi dengan akibat negatif yang seminimal bisa jadi. Bukan hanya perlengkapan transportasi yang dijalankan dalam waktu dekat hendak namun pula wajib memiliki akibat yang sangat minimum di masa depan. Bersumber pada visi *sustainable transportation* yang wajib dicapai, hingga dibutuhkan terdapatnya upaya ataupun misi dalam pencapaian visi tersebut.

Mengingat transportasi terdiri dari tiga pilar berarti, adalah sosial, lingkungan, dan ekonomi, maka upaya menuju *sustainable transportation* harus meliputi ketiga pilar tersebut adalah:

#### 1. Sosial

- a. Ketersediaan transportasi wajib penuh kebutuhan dasar manusia buat kesehatan, kenyamanan, serta kemudahan dengan cara- cara yang efisien serta tidak mengganggu tatanan sosial.
- b. Menunjang pembangunan yang berorientasi kepada warga semacam sediakan bermacam opsi moda transportasi yang aman.
- c. Kurangi polusi hawa serta suara dari transportasi yang sangat mengusik masyarakat

d. Membagikan keamanan serta nyaman untuk warga.

## 2. Ekonomi

- a. Sistem transportasi wajib sediakan layanan efisien dalam bayaran serta kapasitas.
- b. Sistem transportasi wajib jadi finansial yang terjangkau dalam tiap generasi
- c. Sistem transportasi wajib menunjang kegiatan hidup manusia, sehingga sistem transportasi pula berorientasi terhadap ekonomi berkepanjangan.

## 3. Lingkungan

- a. Sistem transportasi wajib memakai tanah secara efisien serta efektif sehingga tanah yang digunakan lebih sedikit serta tidak berakibat besar terhadap integritas ekosistem.
- b. Sistem transportasi wajib memakai sumber- sumber lain yang terbarukan ataupun sistem yang tidak habis- habisnya. Sumber terbarukan ini dapat didapat dengan mendaur ulang bahan yang sudah digunakan dalam kendaraan universal ataupun infrastruktur
- c. Menciptakan sedikit emisi

### 3.2 Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan merupakan suatu pengukuran kuantitatif yang menggambarkan kondisi tertentu yang terjadi pada suatu ruas jalan. Umumnya dalam menilai suatu kinerja jalan dapat dilihat dari kapasitas, derajat kejenuhan (DS), kecepatan rata-rata, waktu perjalanan, melalui suatu kajian mengenai kinerja ruas jalan. Ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus Lalu lintas dan persepsi pengemudi tentang kualitas berkendara dinyatakan dengan tingkat pelayanan ruas jalan (MKJI, 1997).

Berdasarkan MKJI 1997, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja ruas jalan:

1. Volume arus lalu lintas

Volume arus lalu lintas merupakan banyaknya kendaraan yang melewati satu titik pada suatu jalur jalan selama selang waktu.

2. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum kendaraan atau orang yang dapat melintasi suatu titik lajur jalan pada periode waktu tertentu dalam kondisi jalan tertentu atau merupakan arus maksimum yang bisa dilewatkan pada suatu ruas jalan.

3. Kecepatan

Kecepatan tempuh dinyatakan sebagai ukuran utama kinerja suatu segmen jalan, karena hal ini mudah dimengerti dan diukur.

### 3.3 Nilai Derajat Kejenuhan

Nilai Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas,. Nilai Derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak

Adapun Nilai Derajat Kejenuhan (DS) dilakukan persamaan sebagai berikut:

$$Ds = \frac{Q}{C} \quad (3.3)$$

Keterangan :

Ds : Derajat Kejenuhan

Q : Volume lalu lintas (smp/jam)

C : Kapasitas ruas jalan (smp/jam)

Analisis VCR merupakan suatu metode untuk membandingkan antara Volume kendaraan dengan Kapasitas Jalan tersebut.

### 3.4 Kapasitas Jalan

Arus lalu lintas berhubungan dengan sistem jaringan transportasi. Apabila arus lalu lintas meningkat pada ruas jalan tertentu, terus jadi besar waktu tempuh yang dibutuhkan. Arus maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan adalah kapasitas ruas jalan( Tamin, 2008)

Kapasitas suatu jalan dapat berdefinisi jumlah kendaraan maksimum yang dapat bergerak dalam periode waktu tertentu. Kapasitas ruas jalan perkotaan biasanya dinyatakan dengan kendaraan maupun dalam Satuan Mobil Penumpang( smp) per jam. Antara arus dengan waktu tempuh maupun kecepatan tidaklah linear. Penumpukan kendaraan tertentu pada disaat arus rendah hendak memunculkan penumpukan waktu tempuh yang kecil apabila dibandingkan dengan penumpukan kendaraan pada disaat arus besar. Apabila arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai ada. Kemacetan terus meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain maupun bergerak sangat lamban( Wijayanto, 2009).

Faktor- aspek yang mempengaruhi kapasitas jalan ialah lebar jalur maupun lajur, ada tidaknya pemisah/ median jalan, hambatan bahu/ kerb jalan, gradien jalan, perkotaan maupun luar kota, ukuran kota.

Untuk menghitung kapasitas jalan daerah luar kota adalah menggunakan persamaan sebagai berikut : (Sumber MKJI 1997).

$$C = CO \times FCw \times FCsp \times FCsf \quad (3.4)$$

Keterangan :

C : Kapasitas (smp/jam)

Co : Kapasitas dasar (smp/jam)

FCw : Faktor penyesuaian lebar jalan

FCsp : Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FCsf : Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kerb

### 3.4.1 Kapasitas Dasar

Untuk menghitung kapasitas ( $C_0$ ) dasar dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Kapasitas Dasar Ruas Jalan Luar Kota

Tipe jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam / empat Lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1.650	1.900	2.300	Per lajur
	Bukit		1.850	2.250	
	Gunung		1.700	2.150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1.500	1.700		Perlajur
	Bukit		1.650		
	Gunung		1.600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2.900	<b>3.100</b>	3.400	Total dua arah
	Bukit		3.000	3.300	
	Gunung		2.900	3.200	

Sumber : MKJI 1997

Tabel 3.2 Tipe Alinyemen untuk Penentuan Kapasitas

Tipe Alinyemen	Naik + Turun (m/km)	Lengkung horizontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1,0
Bukit	10-30	1,00 – 2,5
Gunung	>3 0	>2,5

Sumber : MKJI 1997

### 3.4.2 Faktor Penyesuaian Kapasitas

Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas dapat dilihat di tabel 3.3

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Lebar Jalur

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu lintas Efektif (W <sub>e</sub> ) (m)	FCw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2D) atau (4/2D)	Per Lajur			
	3.00	0.92	0.91	
	3.25	0.96	0.96	0.96
	3.50	1.00	1.00	1.00
	3.75	1.04	1.03	1.03
	4.00			
Enam lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per Lajur			
	3.00	0.91	0.91	
	3.25	0.95	0.96	
	3.50	1.00	1.00	
	3.75	1.05	1.03	
	4.00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5.0	0.56	0.69	
	6.0	0.87	0.91	
	6.5			0.96
	7.0	1.04	1.03	1.00
	7.5			1.04
	8.0	1.14	1.08	
	9.0	1.25	1.15	
	10.0	1.29	1.21	
	11.0	1.34	1.27	

### 3.4.3 Faktor Penyesuaian

Faktor penyesuaian akibat Pemisah Arah dapat dilihat di tabel 3.4

Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Pemisah Arah

Pemisahan arah SP %-%			50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Jalan Perkotaan	Dua Lajur (2/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
		Empat lajur (4/2)	1.00	0.985	0.97	0.955	0.94
FCsp	Jalan Luar Kota	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	0.9
FCsp	Jalan Bebas Hambatan	Dua Lajur (2/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88

Sumber : MKJI 1997

### 3.4.4 Faktor Bobot Hambatan Samping

Faktor Bobot Hambatan Samping dapat dilihat di tabel di bawah

Tabel 3.5 Faktor Tipe Kejadian Hambatan Samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot	
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota
Pejalan kaki	PED	0,5	0,6
Parkir Kendaraan berhenti	PSV	1,0	0,8
Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7	1,0
Kendaraan lambat	SMV	0,4	0,4

Tabel 3.6 Faktor Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m (kedua sisi)		Kondisi Khas	
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota
Sangat Rendah	VL	<100	<50	Daerah pemukiman jalan dengan jalan samping	Pedesaan , pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	100-299	50-150	Daerah pemukiman beberapa kendaraan umum dst	Pedesaan beberapa banunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	300-499	150-250	Daerah industry beberapa took di sisi jalan	Kampung, kegiatan permukiman
Tinggi	H	500-899	250-350	Daerah komersial aktivitas sisi jalan tinggi	Kampung, beberapa kegiatan pasar
Sangat Tinggi	VH	>900	.350	Daerah komersial	Hampir perkotaan

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m (kedua sisi)		Kondisi Khas	
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota
				dengan aktivitas pasar di samping jalan	banyak pasar/ kegiatan niaga

Sumber : MKJI 1997

### 3.4.5 Faktor Penyesuaian

Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf) dapat dilihat di tabel 3.7

Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf) untuk : Jalan Dengan Bahu (Lebar bebas efektif/Ws)/Jalan Dengan Kereb(Jarak ke KerebPenghalang /Wg)							
		<=0,5		1.0		1.5		.=2.0	
		Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg
4/2 D	VL	0.96	0.95	0.98	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.94	0.97	0.96	1.00	0.98	1.02	1.00
	M	0.92	0.91	0.95	0.93	0.98	0.95	1.00	0.98
	H	0.88	0.86	0.92	0.89	0.95	0.92	0.98	0.95
	VH	0.84	0.81	0.88	0.85	0.92	0.88	0.96	0.92
4/2 UD	VL	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.93	0.97	0.95	1.00	0.97	1.02	1.00
	M	0.92	0.90	0.95	0.92	0.98	0.95	1.00	0.97

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf) untuk : Jalan Dengan Bahu (Lebar bebas efektif/Ws)/Jalan Dengan Kereb(Jarak ke KerebPenghalang /Wg)							
		<=0,5		1.0		1.5		.=2.0	
		Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg
	H	0.87	0.84	0.91	0.87	0.94	0.90	0.98	0.88
	VH	0.80	0.77	0.86	0.81	0.90	0.85	0.95	0.82
2/2	VL	0.94	0.93	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99
UD	L	0.92	0.90	0.94	0.92	0.97	0.95	1.00	0.97
Atau	M	0.89	0.86	0.92	0.88	0.95	0.91	0.98	0.94
jalan	H	0.82	0.78	0.86	0.81	0.90	0.84	0.95	0.88
satu	VH	0.73	0.68	0.79	0.72	0.85	0.77	0.91	0.82
arah									

Sumber : MKJI 1997

Tabel 3.8 Faktor Hambatan Samping Luar Kota

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping Untuk Jalan dengan Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahan efektif (Ws)			
		.<=0.5	1.0	1.5	>=2.0
4/2 D	VL	0.99	1.00	1.01	1.03
	L	0.96	0.97	0.99	1.01
	M	0.93	0.95	0.96	0.99
	H	0.90	0.92	0.95	0.97
	VH	0.88	0.90	0.93	0.96
4/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
Atau 2/2	L	0.93	0.95	0.97	1.00
UD	M	0.88	0.91	0.94	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping Untuk Jalan dengan Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahan efektif (Ws)			
		.<=0.5	1.0	1.5	>=2.0
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

Sumber : MKJI 1997

Tabel 3.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas Luar Kota

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian Untuk Ukuran Kota
<0.1	0.86
0.1-0.5	0.90
0.5- 1.0	0.94
1.0 – 3.0	1.00
>3.0	1.04

Sumber : MKJI 1997

### 3.5 Kecepatan Arus Bebas

MKJI menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan, karena mudah dimengerti dan diukur, dan merupakan masukan yang penting untuk biaya pemakai jalan dalam analisa ekonomi.

Kecepatan tempuh didefinisikan dalam manual ini sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan ( MKJI 1997).

$$V = \frac{L}{TT} \quad (3.5)$$

dimana:

V : Kecepatan rata-rata ruang LV (km/jam)

L : Panjang segmen (km)

TT : Waktu tempuh rata-rata LV sepanjang segmen (jam)

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. Kecepatan arus bebas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, dimana hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditentukan dengan metode regresi. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus = 0. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor juga diberikan sebagai referensi. Kecepatan arus bebas untuk mobil penumpang biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan lain.

$$FV = ( FV_O + FV_W ) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC} \quad (3.5)$$

dimana:

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

FV<sub>O</sub> : Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati

FV<sub>W</sub> : Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)

FFV<sub>SF</sub> : Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang

FFV<sub>RC</sub> : Faktor penyesuaian kelas fungsi jalan

### 3.5.1 Kecepatan Arus Bebas Dasar

Untuk menentukan kecepatan arus bebas dasar kendaraan dengan menggunakan tabel dibawah ini

Tabel 3.10 Kecepatan Arus Bebas Dasar

Tipe jalan/tipe alinyemen/(Keas jarak pandang)	Kecepatan arus bebas (Km/jam)				
	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan berat menengah (MHV)	Bus Besar (LB)	Truk besar (LT)	Sepeda Motor (MC)
Enam – Lajur terbagi					
Datar	83	67	86	64	64
Bukit	71	56	68	52	58
Gunung	62	45	55	40	55
Empat– Lajur terbagi					
Datar	78	65	81	62	64
Bukit	68	55	66	51	58
Gunung	60	44	53	39	55
Empat – Lajur tak terbagi					
Datar	74	63	78	60	60
Bukit	66	54	65	50	56
Gunung	58	43	52	39	53
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 : MKJI 1997

### 3.5.2 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas

Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur Lalu – lintas

Tabel 3.11 Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W) (m)	FV (Km/Jam)		
		Datar SDC = A,B	Bukit : SDC= A,B,C Datar : SDC = C	Gunung
Empat- lajur dan Enam – lajur terbagi	Per lajur			
	3,00	-3	-2	-2
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
Empat- lajur tak terbagi	Per lajur			
	3,00	-3	-2	-1
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
Dua lajur tak terbagi	Per lajur			
	5	-11	-9	-7
	6	-3	-2	-1
	7	0	0	0
	8	1	1	0
	9	2	2	1
	10	3	3	2
	11	3	3	2

Sumber : MKJI 1997

### 3.5.3 Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu

Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian FFVsf

Tipe jalan	Kelas hambatan Samping (SFC)	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif $W_s$ (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	$\geq 2$ m
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99
	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat tinggi	0,86	0,87	0,89	0,96
Empat lajur terbagi tak 4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,92	0,94	0,95	0,97
	Tinggi	0,88	0,89	0,90	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,83	0,85	0,95
Dua lajur terbagi tak 2/2 D	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	

Sumber : MKJI 1997

### 3.5.4 Faktor Penyesuaian akibat Kelas Fungsi Jalan

Tabel 3.13 Faktor Penyesuaian FFVrc

Tipe Jalan	Faktor penyesuaian FFV				
	Pengembangan samping jalan (%)				
	0	25	50	75	100
Empat – lajur terbagi:					
Arteri	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
Empat – lajur tak terbagi:					
Arteri	1,00	0,99	0,97	0,96	0,945
Kolektor	0,97	0,98	0,97	0,95	0,915
Lokal	0,95	0,94	0,92	0,91	0,895
Dua – lajur tak terbagi:					
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 : MKJI 1997

### 3.6 Perkerasan Jalan

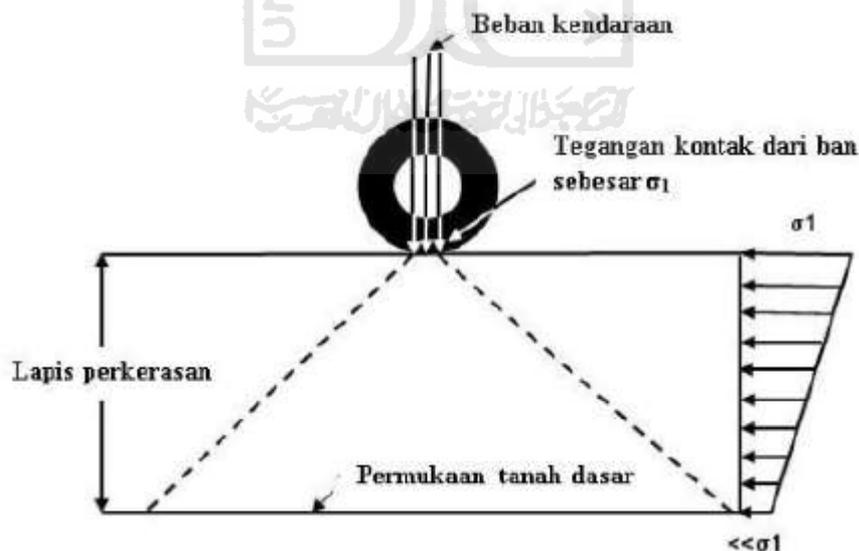
Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat. Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda kendaraan ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mengurangi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan di mana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Menurut Hardiyatmo (2011), fungsi perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan struktur yang kokoh dalam mendukung beban lalu lintas.

2. Untuk memberikan tahanan gelincir atau kekesatan (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan.
3. Untuk memberikan permukaan rata/aus bagi pengendara.
4. Untuk mendistribusikan beban roda kendaraan di atas pondasi tanah secara memadai, sehingga dapat melindungi tanah dari tekanan yang besar.
5. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh perubahan cuaca yang buruk.

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa merusak konstruksi perkerasan itu sendiri. Dengan demikian, dalam perencanaannya perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja perkerasan di antaranya umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban perkerasan, kondisi lingkungan, tanah dasar, serta sifat dan mutu material yang tersedia.

Distribusi beban kendaraan pada struktur perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Distribusi Beban Kendaraan 1

(Sumber : Sukirman,1999)

### 3.6.1 Jenis - Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Jenis-jenis kerusakan perkerasan jalan berdasarkan metode Bina Marga No. 03/MN/B/2011 tentang Manual Pemeliharaan Jalan dapat dibedakan atas:

1. Retak (*Cracking*) dan penanganannya.

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas:

- a. Retak halus atau retak garis (*hair cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebab adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam permukaan dan dapat menimbulkan kerusakan yang lebih parah seperti retak kulit buaya bahkan kerusakan seperti lubang dan amblas. Retak ini dapat berbentuk melintang dan memanjang, dimana retak memanjang terjadi pada arah sejajar dengan sumbu jalan, biasanya pada jalur roda kendaraan atau sepanjang tepi perkerasan atau pelebaran, sedangkan untuk retak melintang terjadi pada arah memotong sumbu jalan, dapat terjadi pada sebagian atau seluruh lebar jalan.

Metode pemeliharaan dan penanganan :

- 1) Untuk retak halus ( $< 2$  mm) dan jarak antara retakan renggang, dilakukan metode perbaikan P2 (laburan aspal setempat).
  - 2) Untuk retak halus ( $< 2$  mm) dan jarak antara retakan rapat, dilakukan metode perbaikan P3 (penutupan retak).
  - 3) Untuk lebar retakan ( $> 2$  mm) lakukan perbaikan P4 (pengisian retak).
- b. Retak kulit buaya (*alligator crack*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian

perkerasan di bawah lapisan permukaan kurang stabil, atau bahan pelapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik).

- c. Retak pinggir (*edge crack*), retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya *settlement* di bawah daerah tersebut.
- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), retak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase di bawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan, terjadinya *settlement* di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk / kendaraan berat di bahu jalan. Perbaikan dapat dilakukan seperti perbaikan retak refleksi.
- e. Retak sambungan lajur (*lane joint crack*), retak memanjang, yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur. Perbaikan dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah-celah yang terjadi. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.
- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Hal ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik. Perbaikan dilakukan dengan mengisi celah-celah yang timbul dengan campuran aspal cair dan pasir. Jika tidak diperbaiki, air dapat meresap masuk ke dalam lapisan perkerasan melalui celah-celah, butir-butir dapat lepas dan retak dapat bertambah besar.

- g. Retak refleksi (*reflection crack*), ciri-ciri Retak Refleksi dapat terjadi secara memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan retakan di bawahnya. Retak ini dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki dengan baik sebelum pekerjaan overlay, dapat pula terjadi jika terjadi gerakan vertical atau horizontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif. Perbaikan dilakukan untuk retak memanjang, melintang dan diagonal perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah-celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Untuk retak berbentuk kotak, perbaikan dilakukan dengan membongkar dan melapis kembali dengan bahan yang sesuai.
- h. Retak susut (*shrinkage crack*), kerusakan ini mempunyai ciri: retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir dan melapisi dengan laburan aspal satu lapis (burtu).
- i. Retak slip (*slippage crack*), retakan ini diakibatkan oleh gaya-gaya horisontal yang berasal dari kendaraan, kurangnya ikatan antara lapisan permukaan dengan lapisan dibawahnya, sehingga terjadi penggelinciran. Jarak retakan sering berdekatan dan berkelompok secara paralel. Retakan ini sering terjadi pada tempat-tempat kendaraan mengerem, yaitu pada saat turun dan bukit. Perbaikannya dengan membongkar lapisan aspal yang rusak, kemudian dilakukan penambalan permukaan.

2. Lapisan Permukaan Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan  
Dengan timbulnya lapisan permukaan yang berkeriting ini pengemudi akan merasakan ketidaknyamanan dalam mengemudi. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat berbentuk butiran dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair).
3. Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, ditempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam. Kerusakan terjadi dengan atau tanpa retak. Penyebab kerusakan sama dengan kerusakan keriting. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara perbaikan P6 (perataan) dan perbaikan P5 (penambalan lubang).
4. Ambblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Ambblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air yang tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan permukaan yang akhirnya menimbulkan lobang. Penyebab ambblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami settlement.
5. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah yang ekspansif. Perbaikan dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali.
6. Cacat permukaan (*disintegration*). Termasuk dalam cacat permukaan adalah:

- a. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapisan permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan.
- b. Pelepasan butir (*raveling*), dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang. Dapat diperbaiki dengan memberikan lapisan tambahan diatas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan, dan dikeringkan.
- c. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antar lapisan permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dapat dibedakan yaitu :
  - 1) Pengausan (*polished aggregate*) Permukaan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan. Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical.
  - 2) Kegemukan (*bleeding / flushing*) Permukaan jalan menjadi licin dan tampak lebih hitam. Pada temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Berbahaya bagi kendaraan karena bila dibiarkan, akan menimbulkan lipatan-lipatan (*keriting*) dan lubang pada permukaan jalan. Kegemukan (*bleeding*) dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan prime coat atau tack coat.
  - 3) Penurunan pada bekas penanaman utilitas Penurunan yang terjadi di sepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Dapat diperbaiki dengan dibongkar kembali dan diganti dengan lapis yang sesuai.

### 3.6.2 Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan

#### 1. Lalu Lintas Harian (LHR)

Dalam perencanaan perkerasan lentur biasanya menggunakan metode dengan membagi beban sumbu kendaraan menjadi sejumlah kelompok/grup. Kelompok kendaraan yang diperhitungkan dalam perencanaan sesuai dengan hasil survei volume lalu lintas. Jumlah pengulangan beban dihitung dengan mempertimbangkan Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) pada ruas jalan yang akan direncanakan.

Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh. LHRT ditanyakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 lajur 2 arah, atau smp/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365}$$

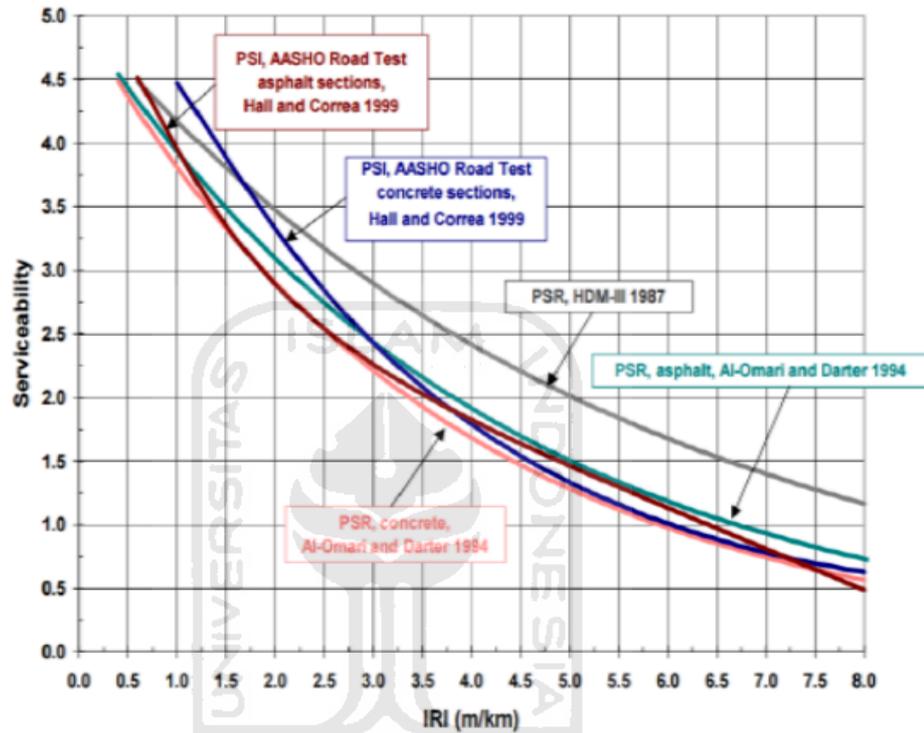
Untuk dapat menghitung LHRT harus tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR). LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah volume lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \quad (3.6)$$

### 3.7 Perhitungan indeks International Roughness Index (IRI)

IRI adalah parameter kekasaran perkerasan jalan yang dihitung berdasarkan naik-turunnya permukaan jalan pada arah profil memanjang jalan

dibagi dengan panjang permukaan jalan yang diukur. Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan International Roughness Indeks (IRI) ditampilkan dalam grafik 1. berikut. Model ini dikembangkan oleh Dujisin dan Arrya (NCHRP, 2001).



Hubungan Indeks IP dan IRI 1

IRI (*International Roughness Index*) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat ketidakrataan permukaan jalan sebagaimana sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Data yang diperoleh dari alat Roughness berupa hasil nilai D1, D2, D3, dan D4. Kemudian didapat nilai BI, kemudian nilai BI dimasukkan ke dalam Persamaan  $IRI = 0,022x + 2,169$  untuk mendapatkan nilai IRI. Direktorat Jendral Bina Marga 2011 menggunakan parameter International Roughness Index (IRI) dalam penentuan kondisi konstruksi jalan dan kebutuhan penanganan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.14 Nilai IRI

Kondisi Jalan	IRI m/km	Kebutuhan Penanganan	Tempat Kemantapan
Baik	IRI rata-rata $\leq 4$	Pemeliharaan Rutin	Jalan Mantap
Sedang	$4,1 \leq$ IRI rata-rata $\leq 8,0$	Pemeliharaan Berkala	
Rusak Ringan	$8,1 \leq$ IRI rata-rata $\leq 12$	Peningkatan Jalan	Jalan Tidak Mantap
Rusak	IRI rata-rata $> 12$	Peningkatan Jalan	

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

*NAASRA* adalah pengukuran ketidakrataan permukaan jalan yang dibuat oleh *NAASRA* (SNI 03-342-1994). Alat ini dipasang pada kendaraan *station wagon* dan dapat diganti dengan kendaraan *Jeep A wheel drive*, atau *pick up* dengan bak tertutup, *NAASRA* perlu dilengkapi dengan alat bantu lainnya, antara lain *Dipstick Floor Profiler* sebagai alat pengukuran jarak tempuh, dua buah beban masing-masing seberat 50 kg dan alatngukur tekanan ban. Kendaraan survei dijalankan dengan kecepatan 30 km/jam untuk mencatat kekasaran permukaan jalan.

Penanganan jalan dengan peningkatan dan rekonstruksi diterapkan pada jalan dengan kondisi rusak berat. Peningkatan umumnya untuk jalan yang mengalami kerusakan struktural. Sama seperti pada penelitian pada pemeliharaan berkala, pada pekerjaan peningkatan perlu didahului dengan survei detail baik fungsional maupun struktural disesuaikan dengan kebutuhan *DED*.

### 3.8 Data Survey FWD

Penentuan kekuatan material struktur perkerasan eksisting yang ditinjau dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode destruktif dan metode non-destruktif. Metode destruktif adalah metode penentuan kekuatan material struktur perkerasan dengan cara mengukur kekuatan material tersebut di lapangan, terutama untuk material berbutir (granular), atau dengan cara mengambil sampel dari material tersebut untuk diuji di laboratorium. Dari metode destruktif, akan diperoleh nilai kekuatan material tanah dasar (subgrade) berupa nilai  $k$  atau nilai California Bearing Ratio (CBR).

Sedangkan untuk lapisan pondasi (base) serta pondasi bawah (subbase), akan diperoleh nilai nilai California Bearing Ratio (CBR). Metode destruktif untuk mengetahui kekuatan slab beton umumnya berupa pengujian di laboratorium, flexural test (three point loading test). Sedangkan metode non-destruktif berupa pengukuran lendutan di lapangan menggunakan alat FWD). Nilai kekuatan material, dalam bentuk nilai modulus elastisitas material, dapat diperoleh dengan menghitung balik (backcalculate) data lendutan yang diperoleh dari alat FWD menggunakan program seperti di bawah ini.

#### 3.8.1 Metode SDI (*Surface Distress Index*)

SDI (Surface Distress Index) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan dengan pengamatan visual dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan (Bina Marga, 2011). Dari hasil pengamatan berdasarkan Bina Marga (2011) di atas, maka didapat nilai dari tiap jenis kerusakan yang diidentifikasi, sehingga untuk menentukan penilaian kondisi jalan didapat dengan cara menjumlahkan seluruh nilai kerusakan perkerasan yang terjadi. Dapat diketahui bahwa semakin besar angka kerusakan kumulatif, maka akan semakin besar pula

nilai kondisi jalan, yang berarti bahwa jalan tersebut memiliki kondisi yang buruk sehingga membutuhkan pemeliharaan yang lebih baik. Untuk perhitungan metode SDI, terdapat 4 variabel utama yang nantinya akan dimasukkan kedalam perhitungan, yaitu persentase luas retak (%), rata-rata lebar retak (mm), jumlah lubang per 100 m dan rata-rata kedalaman alur (cm). Berikut adalah perhitungan SDI:

a. Menentukan SDI1 (luas retak)

Perhitungan SDI1 dilakukan pada tiap interval 100 m, maka untuk interval jarak tersebut persentase total luas retak yang terjadi pada lapis perkerasan yang di dapat dari survei di lapangan. Nilai total luas retak dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.  $\% \text{ Luas retak} = L \times ( 100 / B )$

Dengan: L = luas total retak (m<sup>2</sup> ) B = lebar jalan (m) Setelah mendapat persentase retak, lalu memasukkan bobot. Berikut adalah perhitungan SDI1.

- 1) Tidak ada
- 2) Luas retak < 10 %, maka SDI1 = 5
- 3) Luas retak 10 – 30 %, maka SDI1 = 20
- 4) Luas retak > 30 %, maka SDI1 = 40

b. Menentukan nilai SDI2 (lebar retak)

Setelah didapat nilai SDI1, selanjutnya adalah mencari nilai SDI2 dengan cara menentukan bobot total lebar retak. Kemudian nilai SDI1 dimasukkan kedalam perhitungan seperti yang tertera di bawah ini.

- 1) Tidak ada
- 2) Lebar retak < 1 mm (halus), maka SDI2 = SDI1
- 3) Lebar retak 1 – 3 mm (sedang), maka SDI2 = SDI1
- 4) Lebar retak > 3 mm (lebar), maka SDI2 = SDI1 x 2

c. Menentukan nilai SDI3 (jumlah lubang) Setelah mendapat nilai SDI2 (lebar retak), selanjutnya nilai SDI2 dimasukkan kedalam perhitungan SDI3 (jumlah lubang). Berikut adalah perhitungan SDI3 berdasarkan bobot.

- 1) Tidak ada
  - 2) Jumlah lubang  $< 10/100$  m, maka  $SDI3 = SDI2 + 15$
  - 3) Jumlah lubang  $10 - 50/100$  m, maka  $SDI3 = SDI2 + 75$
  - 4) Jumlah lubang  $> 50/100$  m, maka  $SDI3 = SDI2 + 225$
- d. Menentukan SDI4 (kedalaman bekas roda) Setelah mendapat bobot nilai SDI4, maka selanjutnya memasukkan nilai SDI3 kedalam perhitungan berikut.
- 1) Tidak ada
  - 2) Kedalaman bekas roda  $< 1$  cm ( $X=0,5$ ), maka  $SDI4 = SDI3 + 5 \times X$
  - 3) Kedalaman bekas roda  $< 1 - 3$  cm ( $X=2$ ), maka  $SDI4 = SDI3 + 5 \times X$
  - 4) Kedalaman bekas roda  $> 3$  cm ( $X=5$ ), maka  $SDI4 = SDI3 + 20 \times X$

### 3.8.2 Metode Mekanistik – Empirik

*Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG)* menggunakan data pembebanan lalu lintas, jenis material perkerasan, dan data lingkungan, *failure criteria*, *reliability*. Input *flexibel pavement* : kondisi tanah dasar *traffic (ESAL)* faktor regional (diasumsikan 1), koefisien layer material. Metode mekanik-empirik untuk desain perkerasan memerlukan dua tahap perhitungan yaitu sebagai berikut.

1. Menghitung respon perkerasan yang berupa tegangan (*compressive stresses*), regangan (*tensile strain*) dan lendutan kritis (*deflection*) setiap lapisan (layer) dengan menggunakan analisis metode mekanistik yang berdasarkan prinsip- prinsip teori elastis.
2. Memprediksi performa keadaan struktural dan fungsi perkerasan dimasa depan (*design life*). Indikator performa untuk *flexibel pavement* antara lain *fatigue cracking* dan *rutting*. Fungsi dari performa untuk semua jenis perkerasan adalah tergantung waktu yang berkaitan era dalam memprediksi *IRI (Internasional Roughness Index)* iklim menjadi faktor utama sebagai penentunya.

Parameter yang penting pada sistem Perkerasan Lentur (SPL) antara lain adalah modulus elastis linier perkerasan ( $E$ ), modulus elastis non linier tanah dasar ( $ES$ ), rasio *Poisson* ( $\mu$ ), tegangan ( $\sigma$ ), regangan ( $\epsilon$ ), lendutan ( $d$ ), nilai struktur kritis (*Critical Structure Value*), dan keadaan lingkungan (*environmental condition*) (Huang, 2004).

Keuntungan dalam penggunaan metode desain perkerasan mekanisti-empirik dibandingkan dengan metode murni empirik adalah sebagai berikut ini.

1. Dapat digunakan untuk rekonstruksi perkerasan eksisting maupun konstruksi perkerasan jalan baru.
2. Dapat mengakomodasi perubahan tipe beban lalu lintas.
3. Karakteristik material dapat disesuaikan dengan material yang akan digunakan (material lokal atau baru).
4. Memberikan prediksi kinerja yang cukup handal.
5. Mengakomodasikan efek lingkungan material perkerasan.

Keuntungan lain dari pendekatan mekanistik-empirik adalah kemampuannya untuk secara akurat menggambarkan karakteristik material *in-situ* (termasuk tanah dasar dan struktur perkerasan). Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat portabel (seperti *FWD*) untuk mengukur defleksi lapangan sebenarnya pada struktur perkerasan yang ada (sering disebut "*back calculation*") dan perkiraan umur sisa perkerasan. Hal ini memungkinkan untuk desain yang lebih realistis untuk kondisi yang natural.

### 3.8.3 Metode Volume Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

1. Beban gandar kendaraan komersial;
2. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari:

1. Survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam<sup>1</sup>. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil – hasil survei lalu lintas sebelumnya.
3. Nilai perkiraan untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k. Perkiraan volume lalu lintas harus dilaksanakan secara realistis. Rekayasa data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi tidak boleh dilakukan untuk kepentingan apapun. Jika terdapat keraguan terhadap data lalu lintas maka perencana harus membuat survei cepat secara independen untuk memverifikasi data tersebut.

### 3.8.3.1 Data Lalu Lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan penghitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

### 3.8.3.2 Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

### 3.8.3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 3.15 dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 3.15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

	<b>Jawa</b>	<b>umatera</b>	<b>Kalimantan</b>	<b>Rata – rata Indonesia</b>
<b>Arteri dan perkotaan</b>	4,80	4,83	5,14	4,75
<b>Kolektor rural</b>	3,50	3,50	3,50	3,50
<b>Jalan desa</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \quad (3.8.3.3)$$

Dengan

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan  $i_1\%$  selama periode awal (UR1 tahun) dan  $i_2\%$  selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR1}-1}{0,01 i_1} + (1 + 0,01 i_1)^{(UR1-1)}(1 + 0,01 i_2) \left\{ \frac{(1+0,01 i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01 i_2} \right\}$$

(3.8.3.3)

Dengan

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

$i_1$  : laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1(%)

$i_2$  : laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2(%) U

R : total umur rencana (tahun)

UR1 : umur rencana periode 1 (tahun)

-

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^Q - 1}{0,01 i} + (UR - Q) (1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \quad (3.8.3)$$

#### 3.8.3.4 Pengaruh Pengalihan Lalu Lintas (*Traffic Diversion*)

Analisis lalu lintas harus memperhatikan faktor pengalihan lalu lintas yang didasarkan pada jaringan jalan dan harus memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan eksisting dan pembangunan ruas jalan baru.

#### 3.8.3.5 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi- lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam.

Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 3.16 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

### 3.8.3.6 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada Tabel 3.17

Tabel 3.17 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar*
Jalan Bebas Hambatan*	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Timbangan survei beban gandar yang menggunakan sistem statis harus mempunyai kapasitas beban roda (tunggal atau ganda) minimum 18 ton atau kapasitas beban sumbu tunggal minimum 35 ton. Tingkat pembebanan faktual berlebih diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban kendaraan sudah terkendali dengan beban sumbu nominal terberat (MST) 12 ton. Namun demikian, untuk keperluan desain, Direktorat Jenderal Bina Marga dapat menentukan waktu penerapan efektif beban terkendali tersebut setiap waktu. Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung ESA. Tabel 3.17 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut Tabel 4.5. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

## Nilai VDF

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

### 3.8.3.7 Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Berdasarkan pedoman desain perkerasan kaku (Pd T-14-2003), beban lalu lintas desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group*, HVAG) dan bukan pada nilai ESA.

### 3.8.3.8 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan dengan menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESATH-1 = (ELHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.8.3.8)$$

Dengan

- ESATH-1 : Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*equivalent standard axle*) pada Tahun pertama.  
 LHRJK : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).  
 VDFJK : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga  
 DD : Faktor distribusi arah.  
 DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 4.2).  
 CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.  
 R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

### 3.8.3.9 Prosedur Perhitungan Sisa Umur Perkerasan

$$RL = 100 \left(1 - \left(\frac{N_p}{N_{1.5}}\right)\right) \quad (3.8.3.9)$$

Dengan:

- RL : *Remaining Life* (%)  
 N<sub>p</sub> : *Total Traffic* yang telah melewati perkerasan (ESAL)  
 N<sub>1.5</sub> : *Total Traffic* Pada kondisi perkerasan berakhir (ESAL)

### 3.8.3.10 Data Daya Dukung Tanah Dasar

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menilai CBR lapisan tanah dasar sebagai dasar di dalam perhitungan untuk pelebaran jalan. Pengambilan contoh tanah untuk CBR dilakukan dengan ”*undisturbed sample*” pada 6 (enam) titik di sepanjang ruas jalan desain. Contoh tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian CBR laboratorium. Sedangkan untuk pemeriksaan DCP dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Alat DCP yang dipakai harus sesuai dengan standart yang ada.
- 2) Pemeriksaan dilakukan pada interval setiap 200 meter sepanjang ruas jalan.
- 3) Pemeriksaan dilakukan pada tanah dasar pada kedalaman 40 cm dari permukaan

- 4) Selama pemeriksaan harus dicatat keadaan – keadaan khusus yang perlu diperhatikan seperti timbunan, kondisi drainase, cuaca, waktu dan sebagainya
- 5) Lokasi pengujian harus dicatat dalam formulir.

Disamping pengujian tanah dasar dengan DCP test tersebut diatas, maka agar bisa diperoleh data dengan akumulasi yang lebih tinggi, juga dilakukan pengujian CBR.

### 3.8.4. Analisa tebal perkerasan

Evaluasi struktural perkerasan dengan *Non-Destructive Test* menghasilkan 2 parameter penting dari hasil analisisnya, yaitu nilai Modulus Resilient  $M_R$  tanah dasar dan *Structural Number Effektive*  $SN_{eff}$  struktur perkerasan terpasang (AASHTO, 1993). Adapun tahapan perhitungannya antara lain:

#### 3.8.4.1 Modulus Resilient

Setiap material perkerasan baik campuran beraspal maupun tanah dasar memiliki nilai “stiffness” atau modulus resilient. Untuk modulus resilient campuran beraspal di Indonesia memiliki rentang tertentu yang bergantung pada temperatur “*time of loading*” dan juga pada bahan tambah (additif) yang diberikan pada campuran. Besarnya nilai modulus resilient campuran beraspal ini dapat diukur dengan alat ukur UMATTA atau dihitung menggunakan persamaan SHELL:

$$E_1 = S_{bit} \left( 1 + \frac{257,4 - 2,5 VMA}{n(VMA-3)} \right)^n \quad (3.8.4.1)$$

$$n = 0,83 \text{ Log} \left( \frac{4 \times 10^{10}}{S_{bit}} \right) \quad (3.8.4.1)$$

dimana nilai  $S_{bit}$  dapat diperoleh dari nomogram *Van der Poel*

Sedangkan pada penelitian ini nilai modulus resilient yang digunakan adalah Modulus Resilient Tanah Dasar ( $M_R$ ) yang dihitung dengan persamaan:

$$M_R = \frac{0,24 P}{d_r \cdot r} \quad (3.8.4.1)$$

Dimana:

$M_R$  : Modulus Resilient Tanah Dasar (psi)

$P$  : Beban (lbs)

$d_r$  : Lendutan yang diukur pada jarak  $r$  (inch)

$r$  : Radius terhadap lendutan yang diukur (inch)

$C$  : *Adjustment Factor* ( $C_{max} = 0,33$  ; agar nilai  $M_R$  sesuai untuk digunakan pada model desain perkerasan lentur AASHTO)

### 3.8.4.2 Kapasitas Struktural

Perencanaan tebal overlay dilakukan untuk meningkatkan *Structural Number Original* ( $SN_O$ ) atau kapasitas struktural awal sebesar *Structural Number Overlay* ( $SN_{OL}$ ) sehingga menjadi *Structural Number in Future* ( $SN_f$ ), yaitu kapasitas struktural perencanaan pada suatu umur rencana yang telah ditetapkan.

Kapasitas struktural awal atau *Structure of Capacity* ( $SC_O$ ) yang dalam analisa struktur dinyatakan dalam *Structural Number Original* ( $SN_O$ ) akan terus menurun menjadi *Structural Number Effetive* ( $SN_{eff}$ ) sejalan bertambahnya waktu dan beban lalulintas.

a. ***Structural Number Original* ( $SN_O$ )**, dihitung berdasarkan kekuatan relatif bahan, tebal lapis perkerasan dan koefisien sistem drainase pada saat awal perencanaan.

$$SN_O = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m \quad (3.8.4.2)$$

Dimana:

$D_{1,2,3}$  : Tebal tiap lapis perkerasan rencana

$a_{1,2,3}$  : Koefisien material tiap lapis perkerasan rencana

$m_{2,3}$  : Koefisien Drainase material *Base* dan *Subbas*

b. ***Structural Number Effetive*** ( $SN_{eff}$ )

Merupakan nilai kapasitas struktural pada saat ini setelah mengalami kemerosotan struktural. Terdapat 3 nilai  $SN_{eff}$  yang nilainya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

(i). Faktor kondisi lingkungan dan kapasitas struktural awal

$$SN_{eff} = CF * SN_o \quad (3.8.4.2)$$

Dimana:  $CF = \frac{SC_n}{SC_o}$  (3.8.4.2)

CF : Faktor kondisi ( $CF_{min} = 0,5$ )

$SC_n$  : Kapasitas struktural setelah  $N_p$ ESAL

$SC_o$  : Kapasitas struktural original

(ii). Tebal dan nilai modulus lapis perkerasan diatas tanah dasar ( $E_p$ )

$$SN_{eff} = 0.0045 D \sqrt[3]{E_p} \quad (3.8.4.2)$$

Dimana:

D : Tebal tiap lapis perkerasan diatas subgrade (inch)

$E_p$  : Modulus efektif lapis perkerasan diatas subgrade (psi)

(iii). Kekuatan relatif bahan lapis perkerasan (a) dan sistem drainase (m)

$$SN_{eff} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m \quad (3.8.4.2)$$

Dimana:

- $D_{1,2,3}$  : Tebal tiap lapis perkerasan rencana  
 $a_{1,2,3}$  : Koefisien material tiap lapis perkerasan rencana  
 $m_{2,3}$  : Koefisien drainase material base dan subbase

### 3.8.4.3 Structural Number in Future ( $SN_f$ )

Ditentukan dengan menggunakan nomogram dan grafik atau menggunakan **Persamaan 2.9**, (AASHTO, 1993), dengan “*trial and error*” hingga didapat nilai  $W_{18}$  sama dengan nilai *Future Design ESALs* ( $N_f$ ), dan nilai  $M_R$  memenuhi syarat  $r = 0,7$   $a_e$ .

$$\begin{aligned} \text{Log}(W_{18}) = & Z_R S_O + 9,36 \text{Log}_{10}(SN_f + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}_{10}\left\{\frac{\Delta\text{PSI}}{(4,2-1,5)}\right\}}{0,4 + \frac{10^{94}}{(SN_f + 1)^{5,19}}} + \dots\dots \\ & \dots\dots + 2,32 \text{Log}_{10}(M_R) - 8,07 \end{aligned} \quad (3.8.4.3)$$

Dimana:

- $Z_R$  : Standard deviasi  
 $S_O$  : *Overall Standard Deviation* (0,4 ~ 0,5 for flexible pavement)  
 $R$  : *Overall Design Reliability*  
 $\Delta\text{PSI}$  : Design PSI Loss ( $P_0 - P_1$ ) ( $\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,5$ )  
 $P_0$  : 4,2 - *the original serviceability index (AASHTO Road Test for flexible pavement)*  
 $P_{2,5}$  : 2,5 - *terminal serviceability index, the lowest PSI before rehabilitation for arterial road*

### 3.8.4.4 Modulus Elastisitas Efektif ( $E_p$ )

Modulus Elastisitas Efektif dihitung berdasarkan atas lendutan dibawah beban pelat pusat yang telah disesuaikan dengan temperatur standar 68°F, dengan “*trial and error*” dengan persyaratan  $r = 0,7 a_e$ , dimana  $a_e$  dihitung dengan persamaan:

$$a_e = \sqrt{\left[ a^2 + \left( D * \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2 \right]} \quad (3.8.4.4)$$

Dimana:

- $a_e$  : Jari-jari cekungan tegangan pada subgrade (inch)  
 $D$  : Tebal total lapis perkerasan diatas subgrade (psi)  
 $E_p$  : Modulus efektif lapis perkerasan diatas subgrade (psi)

Sedangkan lendutan pada pusat beban pelat ( $d_o$ ) dihitung dengan persamaan:

$$d_o = 1,5 P a \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left( \frac{D^3}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \left[ \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\} \quad (3.8.4.4)$$

Dimana:

- $d_o$  : Lendutan pada pusat pelat beban (setelah disesuaikan dengan temperatur standar 68°F (inch)  
 $P$  : NDT beban pelat (psi)  
 $a$  : NDT jari-jari pelat beban (inch)  
 $D$  : Tebal total lapis perkerasan diatas subgrade (inch)  
 $M_R$  : Modulus Resilient (psi)  
 $E_p$  : Modulus efektif seluruh layer perkerasan diatas subgrade (psi)

Nilai  $d_o$  aktual ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dilapangan, yaitu lendutan pada pusat beban ( $d_{fl}$ ) setelah dikoreksi dengan faktor koreksi temperatur sebesar nilai *Temperature Adjustment Factor* (TAF).

#### 3.8.4.5 Penentuan SCI

Nilai *Structural Condition Index* (SCI) dijadikan sebagai parameter penentuan penanganan jalan yang dilihat dari nilai  $SN_{eff}$  dan nilai  $SN_f$  seperti pada **Persamaan**

$$\frac{SN_{eff \min}}{SN_f} \leq 0,7 \quad (3.8.4.5)$$

Jika nilai  $SN_{eff}$  lebih kecil dari 0,07 maka jalan memerlukan *overlay*, namun jika nilai lebih besar maka jalan tidak memerlukan *overlay*.

#### 3.8.4.6 Penanganan Berdasarkan Indikator Fungsional Dan Struktural

Nilai *SCI* digunakan sebagai penentu penanganan perkerasan, yang dapat dikategorikan seperti pada Tabel 3.8.4.6

Tabel 3.18 Pembangunan Jalan berdasarkan Nilai SCI

NILAI SCI	PENANGANAN
> 1	Pemeliharaan
0,7 – 1	Overlay Fungsional
0,5 – 0,7	Overlay Struktural
< 0,5	Rekonstruksi

### 3.8.4.7 Tebal Overlay Perencanaan

Tebal overlay dapat dihitung dengan persamaan:

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{ol}} \quad (3.8.4.6)$$

Dimana:

- $D_{ol}$  : Tebal overlay rencana (inch)
- $SN_{ol}$  : Struktur Number *overlay* yang disyaratkan
- $SN_f$  : Struktur Number rencana
- $SN_{eff}$  : Struktur Number terpasang saat ini
- $a_{ol}$  : Koefisien struktural perkerasan terpasang untuk *overlay*



## **BAB IV: METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian adalah pada Ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan Kabupaten Kulon Progo, D.I Yogyakarta sepanjang 9,93 km, yang merupakan jalan nasional yang merupakan jalan utama yang menghubungkan Kota Yogyakarta – Bandara Yogyakarta International Airport

### **4.2 Tahapan Penelitian**

Tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **1. Kinerja ruas jalan**

Alur penelitian dalam penelitian ini sesuai dengan strategi penelitian adalah dengan menggunakan metode survei, analisis pada spesifik kasus. Studi kasus dilakukan pada jalan daerah luar kota yang telah ditentukan sesuai kriteria lokasi penelitian. Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka dalam penelitian ini melalui tahapan penelitian, seperti diuraikan di bawah ini:

- a. Mengumpulkan dan mengkaji literatur yang mendukung penelitian.
- b. Menyusun strategi penelitian berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi.
- c. Melakukan survei lapangan.
- d. Menggambarkan bagaimana kondisi volume, kapasitas, dan kecepatan lalu lintas pada lokasi studi.
- e. Mengolah data dan menganalisis hasil survei
- f. Mengambil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan

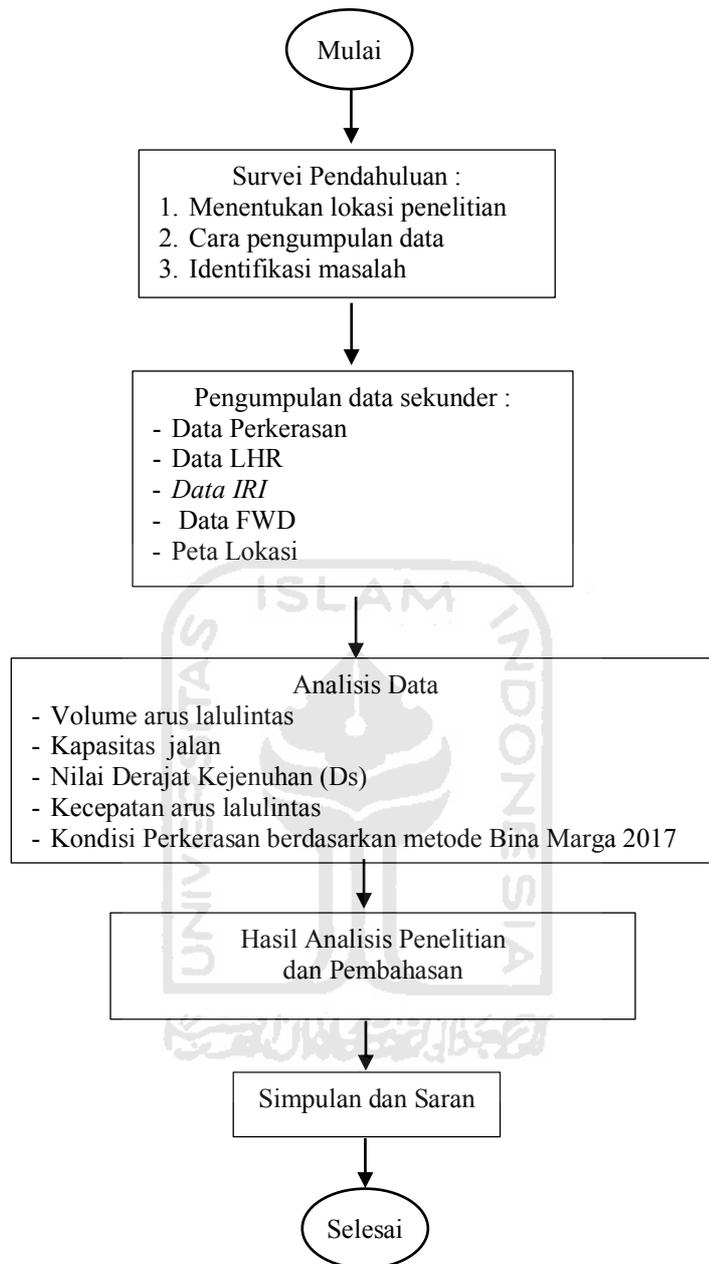
#### **2. Perkerasan Jalan**

Berikut ini adalah langkah yang akan ditempuh selama penelitian dilakukan:

- a. Perumusan masalah
- b. Pengumpulan data sekunder

Data yang digunakan adalah data sekunder yang dapat dari Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi D.I. Yogyakarta untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan serta menghitung sisa umur perkerasan yang ada di ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan. Adapun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- 1) Data lalu lintas
  - 2) Data IRI
  - 3) Data FWD
  - 4) Struktur Perkerasan Jalan
  - 5) Material yang digunakan
- c. Analisis nilai kondisi perkerasan jalan dengan metode Bina Marga menggunakan nilai IRI dan FWD serta LHR yang melewati ruas jalan yang diteliti.
  - d. Analisis sisa umur perkerasan di ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) -Toyen dengan menggunakan metode Bina Marga.
  - e. Setelah perhitungan selesai, akan didapat nilai kondisi dan sisa umur perkerasan dari ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyen
  - f. Pembahasan hasil penelitian
  - g. Penarikan kesimpulan
  - h. Selesai



Bagan Alir Penelitian

#### 4.3 Waktu Pelaksanaan Pengambilan Data Sekunder

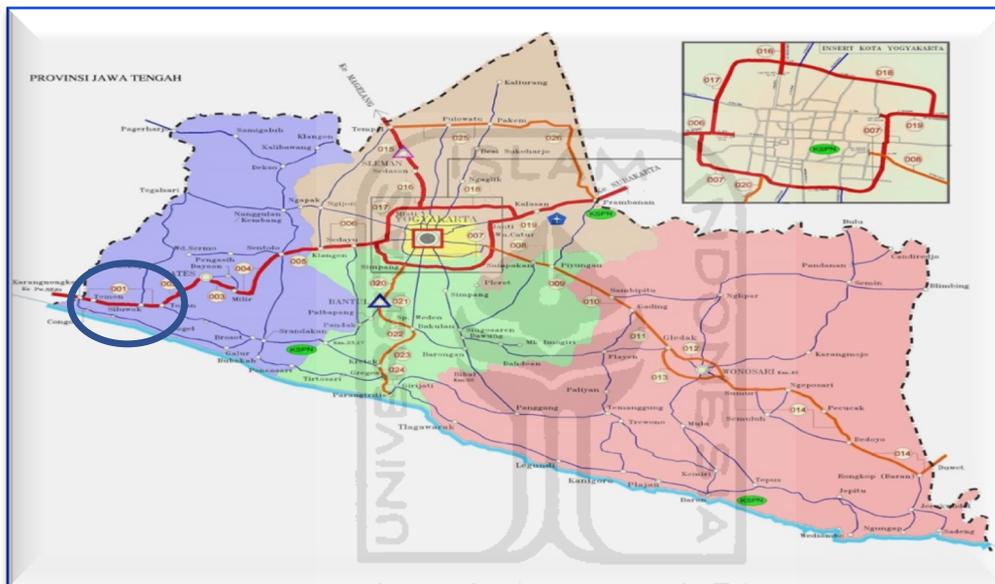
Waktu penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari 2020

## BAB V: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 LOKASI PENELITIAN

Berikut adalah gambar lokasi penelitian Jalan Nasional Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan dengan Panjang segmen 9,93 KM sesuai dengan SK Jalan Nasional Provinsi DIY

Gambar 5.1 Lokasi Penelitian



Gambar 5.2 Lokasi Penelitian Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng – Toyan)



## 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 jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil sebagai berikut:

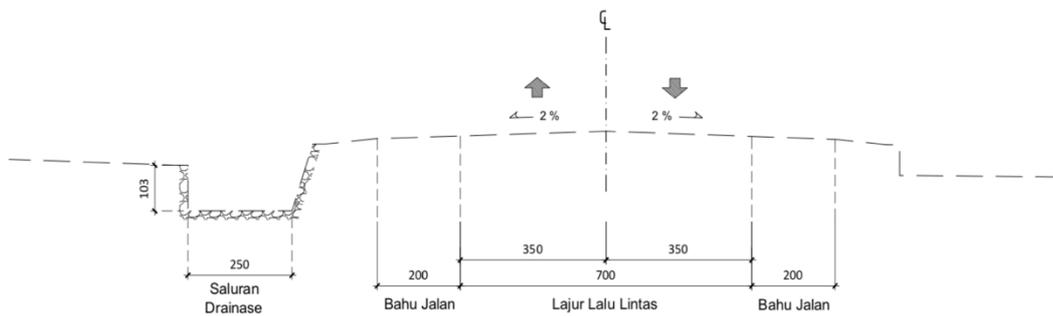
1. Panjang Segmen yang diteliti 9,93 km.
2. Termasuk dalam jalan luar kota dengan tipe jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD).
3. Menurut klasifikasi, Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan termasuk jaringan jalan primer.
4. Menurut statusnya, Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan termasuk dalam jalan Nasional.
5. Berdasarkan fungsinya, termasuk jalan Nasional dan kelas jalan I.
6. Kondisi topografi jalan Datar,

Kondisi geometri pada ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Kondisi Geometri Ruas Jalan Karangnongko -Toyan

<b>Kategori</b>	<b>Arah Jogja</b>	<b>Arah Bandara</b>	<b>Total</b>
Tipe Jalan	2/2 UD		
Lebar Jalur Rata-rata	3,5 m	3,5 m	7 m
Lebar Bahu Efektif	2,0 m	2,0 m	4 m
Tipe Perkerasan Jalan	Lentur	Lentur	-
Kondisi Perkerasan	Baik	Baik	-

Sumber: Satker P2JN Prov DIY (2019)



Gambar 5.3 Potongan Melintang Jateng - Toyan

### 5.3 Data Jumlah Kendaraan

Data jumlah kendaraan merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi yang terkait dengan penelitian ini setelah terbangunnya Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA). Untuk dapat melakukan estimasi jumlah kendaraan pada saat melalui Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan maupun sebaliknya dari arah Bandara YIA ke kota Yogyakarta maupun sebaliknya

Tabel 5.2 Jumlah Kendaraan Ruas Karangnongko - Toyan

No	Jenis Kendaraan	Jumlah		Total (Unit)
		Arah Jogja (Unit)	Arah Karangnongko (Unit)	
1	Sepeda Motor, Skuter, Roda 3	5.178	4.585	9.763
2	Sedan, Jeep dan Star Wagon	1.813	2.380	4.193
3	Opelet, Pick Up Combi dan Mini	156	119	275
4	Micro Truck dan Mobil Hantaran	238	386	624
5	Bus Kecil	53	105	158
6	Bus Besar	118	171	289
7	Truk 2 Sumbu 4 Roda	73	250	323
8	Truk 2 Sumbu 6 Roda	305	442	747

No	Jenis Kendaraan	Jumlah		Total (Unit)
		Arah Jogja (Unit)	Arah Karangnongko (Unit)	
9	Truk 3 Sumbu	142	124	266
10	Truk Gandeng	32	25	57
11	Truk Semi Trailer	31	24	55
12	Kendaraan Tidak Bermotor	114	84	198
Jumlah Total Kendaraan				16.948

Sumber : Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah - DIY



#### 5.4 Analisis Kinerja Ruas Jalan Karangnongko (BTS Prov. Jateng) – Toyan

Analisis kinerja ruas jalan dilakukan untuk mengetahui kelayakan ruas jalan pada tahun 2019 berdasarkan nilai derajat kejenuhan sesuai dengan standar MKJI (1997), untuk jalan luar kota.

##### 5.4.1 Analisis Arus Total

Dalam memperoleh data jumlah arus kendaraan yang melalui ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan dilakukan survei Traffic dilapangan yaitu pada hari Senin dan Rabu untuk hari sibuk dan hari Minggu untuk hari libur. Kendaraan yang disurvei yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), kendaraan berat menengah (MHV) dan kendaraan berat (HV) sesuai dengan MKJI (1997). Hasil dari pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut. Untuk data pengamatan selengkapanya dapat dilihat pada Lampiran

Tabel 5.3 Arus Harian Ruas Jalan Karangnongko - Toyan

Hari	Tipe Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	EMP	Satuan Mobil Penumpang/hari	LHR (Kend/hari)
Kamis , 22 Agustus 2019	LB	527	1,2	632,4	25566
	MHV	8718	1,2	10461	
	MC	13963	0,8	11170	
	LT	1834	1,8	3301	
			Smp/hari	25566	
Minggu, 24 Agustus	LB	508	1,2	609	73438
	MHV	9531	1,2	11437	
	MC	14862	0,8	11889	
	LT	1599	1,8	49502	
			Smp/hari	73438	

Hari	Tipe Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	EMP	Satuan Mobil Penumpang/hari	LHR (Kend/hari)
2019			hari		
	LB	477	1,2	572	
Senin 25 Agustus 2019	MHV	9526	1,2	11431	26667
	MC	15004	0,8	12003	
	LT	1478	1,8	2661	
			Smp/hari	26667	
					= 812567 1/3 = 41890

Sumber : Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jateng DIY

Dari hasil perhitungan yang diperoleh volume lalu lintas harian rata-rata selama 3 hari survei sebesar 41890 Smp/hari. Dan pada jam sibuk 06.00 – 07.00 didapat:

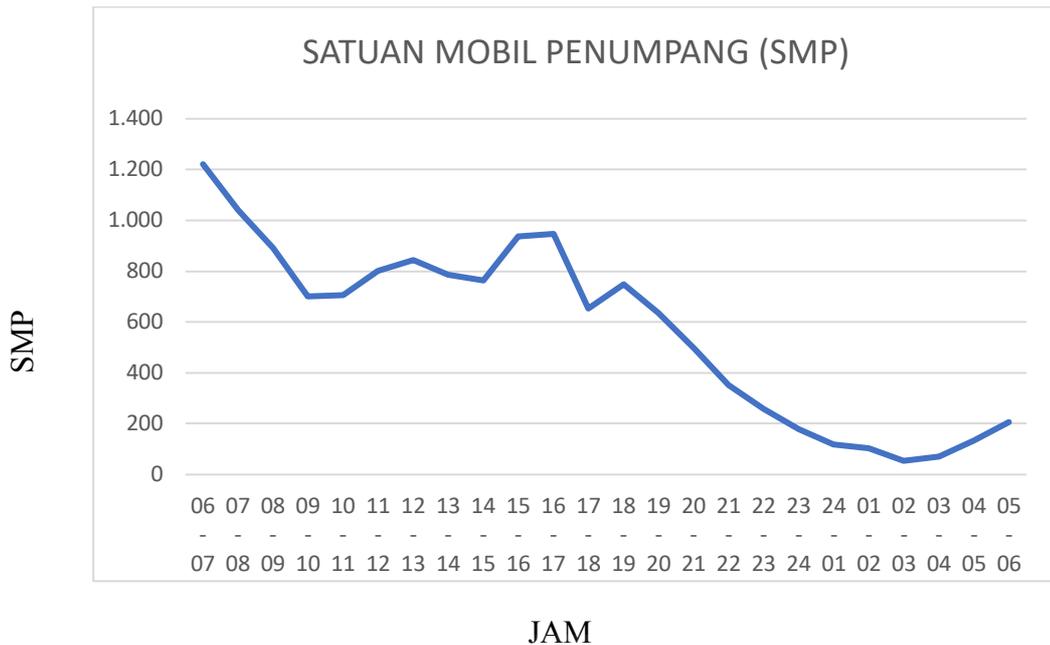


Diagram Satuan Mobil Penumpang

Dengan Volume Sebesar:

LV : 333 (smp/hari)

HV : 197 (smp/hari)

MC : 692 (smp/hari)

Total Qv : 1.221 (smp/hari)

#### 5.4.2 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.

Berdasarkan faktor-faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas kendaraan ringan (LV), maka di dapat perhitungan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 F_v &= (FV_0 + FV_w) \times FFVSF \times FFVRC \\
 &= (68 + 0) \times 0,95 \times 0,97 \\
 &= 63 \text{ Km/jam}
 \end{aligned}$$

### 5.4.3 Analisis Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah arus maksimum kendaraan yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan dalam per satuan jam pada kondisi tertentu. Dimana nilai kapasitas dasar ditentukan berdasarkan pengaruh tipe alinyemen/tipe jalan.

Kapasitas dasar total dua arah tipe jalan dua lajur tak terbagi pada daerah datar sebesar 3100 dengan faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (F<sub>cw</sub>) sebesar 1,00

Untuk menentukan faktor penyesuaian pemisah arah perlu dilakukan perhitungan seperti pada Bab III.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai pemisah arah masing-masing arah sebesar 50 % dan 50 % dibulatkan untuk mendapat angka yang sesuai maka menjadi 50 % dan 50 %. Maka faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah didapat sebesar 1,00. Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping di dapat berdasarkan lebar efektif yaitu sebesar 0,97

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

$$\begin{aligned} C &= C_0 \times F_{Cw} \times F_{CSP} \times F_{CSF} \\ &= 3.100 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,97 \\ &= 3.007 \text{ Smp/jam} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh nilai kapasitas (C) sebesar 3.007 Smp/jam.

#### 5.4.4 Derajat Kejenuhan

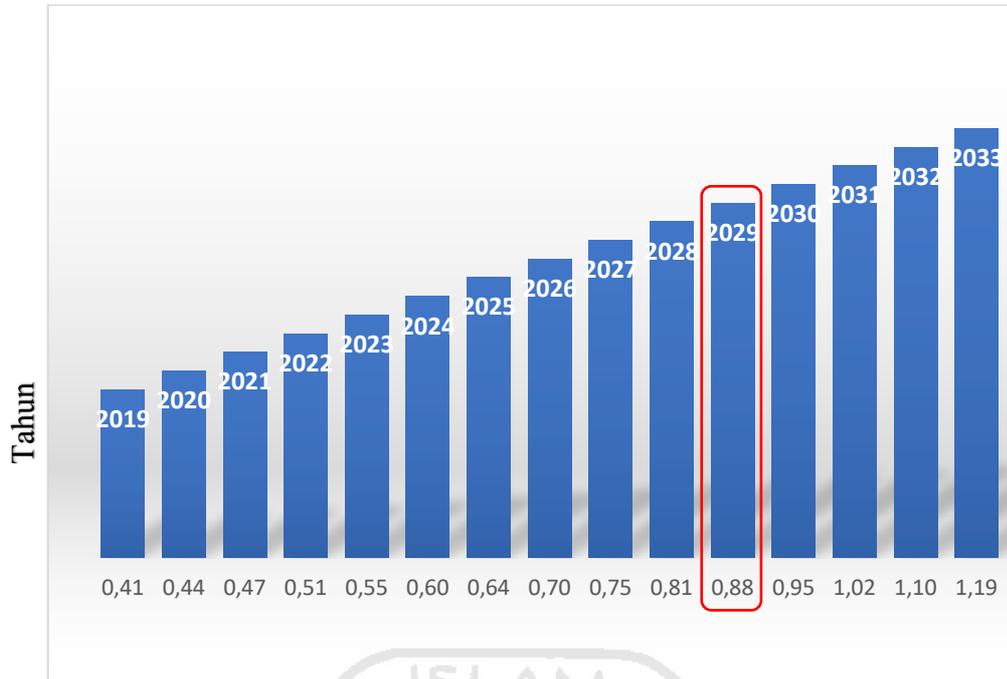
Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan. Nilai Derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai kapasitas atau tidak.. Untuk menentukan derajat kejenuhan digunakan Persamaan berikut.

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1.221,40}{3.007,00} \\ &= 0,41 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai Derajat Kejenuhan (DS) pada ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan dalam kondisi normal sebesar 0,41

#### 5.4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Didapat dari Pertumbuhan Lalu lintas dari data LHR 2018 dan data LHR 2019 nilai penambahan sebesar = 8%



Gambar 5.4 Pertumbuhan Lalu Lintas

Derajat kejenuhan (DS), perbandingan volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan. Arus lalu lintas dikatakan jenuh apabila sudah mendekati kapasitasnya ( $DS = 1$ ). Volume ruas jalan didapat dari hasil survei *turning movement* dan perhitungan kapasitas jalan didapat dari perhitungan yang sudah dijelaskan sebelumnya. Tingkat layanan ruas jalan merupakan ukuran yang menggambarkan persepsi penilaian pengguna jalan terhadap kondisi lalu lintas. Menurut PM 96 Tahun 2015, penentuan tingkat layanan ruas jalan menggunakan kecepatan ruas jalan.

Dari hasil perhitungan di dapat nilai derajat kejenuhan untuk tahun 2029 dengan nilai  $0,88 > 0,85$  dengan pertumbuhan lalu lintas sekitar 8 % maka Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan tidak mampu lagi kapsitas jalannya sehingga diperlukan penambahan Kapasitas jalan untuk mempertahankan Kinerja Jalan dengan Pelabaran Jalan.

### 5.4.6 Hasil Pengumpulan Data Perkerasan Jalan

Data yang di peroleh dari lapangan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder yang di peroleh berupa peta lokasi penelitian, nilai *IRI*, *SCI*, dan data lalu lintas Harian rata – rata (LHR).

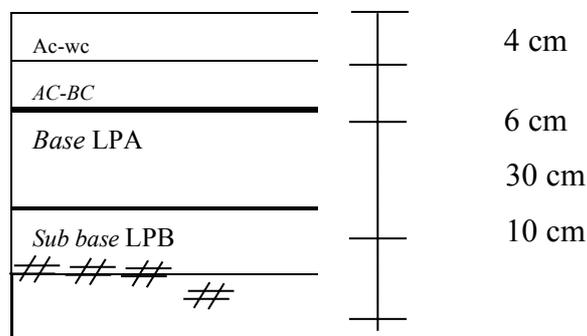
#### 5.4.6.1 Kondisi Ruas Jalan Karangnongko (Btas Prov Jateng) - Toyan

Kondisi *overlay* tahun 2014 ruas jalan dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Status jalan : Arteri
- b. Tipe perkerasan : Perkerasan lentur
- c. Panjang jalan : 9,91 km
- d. Lebar jalan : 7 m

Adapun struktur perkerasan ruas jalan Karangnongko(Bts Jateng) - Toyan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.1.

- a. Lapis *AC - WC* : 4 cm
- b. Lapis *AC – BC* : 6 cm
- c. Lapis LPA : 30 cm
- d. Lapis Pondasi Bawah LPB : 10 cm



Gambar 5.3 Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Karangnongko – Toyan

**Sumber :** Perencanaan Dan Pengawasan Jalan Nasional (2019)

### 5.4.6.2 Analisa Lalu Lintas

Data lalu lintas ruas jalan Karangnongko (Batas Prov Jateng) – Toyan adalah data sekunder yang didapat dari Satker P2JN Provinsi D.I Yogyakarta. Tabel data volume lalu lintas ruas jalan Karangnongko (Batas Prov Jateng) - Toyan dapat dilihat pada Tabel 5.4.6.2 dengan faktor laju pertumbuhan lalu lintas untuk pulau Jawa sebesar 4,8 % didapat nilai LHR sebagai berikut:

Tabel 5.4 Volume Lalu Lintas Harian Rata - Rata

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2018	LHR Tahun 2019	LHR Tahun 2019 (Bandara)	LHR Tahun 2024
1.	Motor	7200	8.891	9.102	9.763	11.507
2.	Mobil	4077	3.895	3100	4.193	6.516
3.	Angkt. Umum Non Bus/ Angkot Angkudes	238	269	301	275	380
4.	Pik Up / Vikro Truk /	633	595	800	624	1.012
5.	Bus Kecil	137	158	173	158	219
6.	Bus Besar	261	286	330	289	417
7.	Truk 2 As (4 Roda)	264	313	334	323	422
8.	Truk 2 As (6 Roda)	437	708	552	685	698

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2018	LHR Tahun 2019	LHR Tahun 2019 (Bandara)	LHR Tahun 2024
9.	Truk 3 As	213	265	269	266	340
10.	Truk Gandeng	49	78	62	57	78
11.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	37	30	47	55	59
Jumlah (Unit)		13,549	15.683	15.070	16.688	16.948

**Sumber :** Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Prov DIY

Data dibawah ini merupakan data LHR Tahun 2019 sebelum ada bandara Baru YIA dengan menggunakan rumus 3.5. Untuk menghitung LHR 2019 berdasarkan laju pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8 % dan Data LHR 2019 setelah ada pembangunan Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) berdasarkan data sekunder yang di dapat dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah - DIY

Tabel 5.4 Volume Lalu Lintas Harian Rata - Rata

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2019 sebelum ada Bandara berdasarkan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8 % (Unit)	LHR Tahun 2019 sesudah ada pembangunan Bandara berdasarkan Data Rill Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Jateng dan DIY (Unit)
1.	Motor	9.102	9.763
2.	Mobil	3100	4.193
3.	Angkt. Umum Non Bus/ Angkot Angkudes	301	275
4.	Pik Up / Vikro Truk /	800	624
5.	Bus Kecil	173	158
6.	Bus Besar	330	289
7.	Truk 2 As (4 Roda)	334	323
8.	Truk 2 As (6 Roda)	552	685
9.	Truk 3 As	269	266
10.	Truk Gandeng	62	57

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2019 sebelum ada Bandara berdasarkan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8 % (Unit)	LHR Tahun 2019 sesudah ada pembangunan Bandara berdasarkan Data Rill Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Jateng dan DIY (Unit)
11.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	47	55
Jumlah (Unit)		15.070	15.683

#### 5.4.7 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga

Analisis dengan Metode Bina Marga didasarkan pada data *IRI*. Data *IRI* diperoleh dari hasil survey kondisi per 100 m per Segmen yang di lakukan oleh BBPJK Jateng DIY. Ada pun data *IRI* ditunjukkan pada Tabel 5.4.7

Tabel 5.5 Hasil Nilai IRI

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	Kondisi
1	00+000	00+100	3,735	Baik
2	00+100	01+200	3,62	Baik
3	01+200	01+300	3,42	Baik
4	01+300	01+400	3,63	Baik
5	01+400	01+500	3,485	Baik
6	01+500	01+600	3,675	Baik
7	01+600	01+700	3,53	Sedang
8	01+700	01+800	3,835	Baik

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai IRI	Kondisi
9	01+800	01+900	3,46	Baik
10	01+900	02+000	4,135	Sedang
11	02+000	02+100	3,605	Sedang
12	02+100	02+200	3,915	Baik
13	02+200	02+300	3,37	Baik
14	02+300	02+400	3,485	Baik
15	02+400	02+500	3,515	Baik
16	02+500	02+600	4,065	Sedang
17	02+600	02+700	3,39	Baik
18	02+700	02+800	3,42	Baik
19	02+800	02+900	3,84	Baik
20	02+900	03+000	3,65	Baik
21	03+000	03+100	3,51	Baik
22	03+100	03+200	3,545	Baik
23	03+200	03+300	3,405	Baik
24	03+300	03+400	3,42	Baik
25	03+400	03+500	4,435	Sedang
26	03+500	03+600	4,82	Sedang
27	03+600	03+600	3,525	Sedang
28	03+600	03+700	3,59	Baik
29	03+700	03+800	4,07	Sedang
30	03+800	03+900	4,62	Sedang
31	03+900	04+000	4,11	Sedang
32	04+000	04+100	3,3	Baik
33	04+100	04+200	4,145	Sedang
34	04+200	04+300	5,055	Sedang
35	04+300	04+400	3,18	Baik

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai IRI	Kondisi
36	04+400	04+500	3,46	Baik
37	04+500	04+600	4,025	Sedang
38	04+600	04+700	3,185	Baik
39	04+700	04+800	3,51	Baik
40	04+800	04+900	3,425	Baik
41	04+900	05+000	5,09	Sedang
42	05+000	05+100	5,015	Sedang
43	05+100	05+200	3,575	Baik
44	05+200	05+300	3,535	Baik
45	05+300	05+400	3,855	Baik
46	05+400	05+500	3,925	Baik
47	05+500	05+600	3,6	Baik
48	05+600	05+700	3,75	Baik
49	05+700	05+800	3,545	Baik
50	05+800	05+900	3,52	Baik
51	05+900	06+000	3,575	Baik
52	06+000	06+000	3,495	Baik
53	06+000	06+100	3,37	Baik
54	06+100	06+200	4,395	Sedang
55	06+200	06+300	3,305	Baik
56	06+300	06+400	4,205	Sedang
57	06+400	06+500	3,65	Baik
58	06+500	06+600	3,75	Baik
59	06+600	06+700	3,965	Baik
60	06+700	06+800	3,32	Baik
61	06+800	06+900	3,37	Baik
62	06+900	07+000	3,185	Baik

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai IRI	Kondisi
63	07+000	07+100	4,955	Sedang
64	07+100	07+200	6,085	Sedang
65	07+200	07+300	3,21	Baik
66	07+300	07+400	4,245	Sedang
67	07+400	07+500	3,835	Baik
68	07+500	07+600	3,78	Baik
69	07+600	07+700	3,72	Baik
70	07+700	07+800	3,27	Baik
71	07+800	07+900	4,45	Sedang
72	07+900	08+000	5,315	Sedang
73	08+000	08+100	3,925	Baik
74	08+100	08+200	3,51	Baik
75	08+200	08+300	3,505	Baik
76	08+300	08+400	3,71	Baik
77	08+400	08+500	3,255	Baik
78	08+500	08+600	3,565	Baik
79	08+600	08+700	3,865	Baik
80	08+700	08+800	4,74	Sedang
81	08+800	08+900	4,39	Sedang
82	08+900	09+000	3,725	Baik
83	09+000	09+100	3,44	Baik
84	09+100	09+200	4,62	Sedang
85	09+200	09+300	3,695	Sedang
86	09+300	09+400	4,12	Sedang
87	09+400	09+500	4,395	Sedang
88	09+500	09+600	4,49	Sedang
89	09+600	09+700	4,38	Sedang

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai IRI	Kondisi
90	09+700	09+800	3,47	Baik
91	09+800	09+900	3,605	Baik

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (2019)

Analisis dengan Metode Bina Marga menghasilkan kondisi jalan terburuk yaitu kondisi Sedang pada segmen atau sta 07+100 - 07+200 dengan nilai IRI 6,08 dan. Berdasarkan Metode Bina Marga, Semakin Besar IRI maka kondisi jalan semakin buruk. Tabel 5.6. Perkerasan dengan nilai IRI yang dihasilkan berada pada angka < 4, maka menurut Metode Bina Marga perkerasan masih dalam kondisi sedang yang berarti jalan masih dalam kondisi mantap. IRI yang dihasilkan berada pada nilai rata – rata 2,76

#### 5.4.8 Penanganan Kerusakan Berdasarkan Metode Bina Marga

Setrategi penanganan dengan Metode Bina Marga dapat dilihat berdasarkan Nilai IRI terdapat pada Tabel 5.4.8

Tabel 5,6 Strategi Metode Bina Marga - IRI

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai IRI	LHR 2019	Jenis Penganan
1	00+000	00+100	3,735	16.948	Pemeliharaan Rutin
2	00+100	01+200	3,62	16.948	Pemeliharaan Rutin
3	01+200	01+300	3,42	16.948	Pemeliharaan Rutin
4	01+300	01+400	3,63	16.948	Pemeliharaan Rutin
5	01+400	01+500	3,485	16.948	Pemeliharaan Rutin
6	01+500	01+600	3,675	16.948	Pemeliharaan Rutin
7	01+600	01+700	3,53	16.948	Pemeliharaan Rutin

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	LHR 2019	Jenis Panganan
8	01+700	01+800	3,835	16.948	Pemeliharaan Rutin
9	01+800	01+900	3,46	16.948	Pemeliharaan Rutin
10	01+900	02+000	4,135	16.948	Pemeliharaan Rutin
11	02+000	02+100	3,605	16.948	Pemeliharaan Rutin
12	02+100	02+200	3,915	16.948	Pemeliharaan Rutin
13	02+200	02+300	3,37	16.948	Pemeliharaan Rutin
14	02+300	02+400	3,485	16.948	Pemeliharaan Rutin
15	02+400	02+500	3,515	16.948	Pemeliharaan Rutin
16	02+500	02+600	4,065	16.948	Pemeliharaan Rutin
17	02+600	02+700	3,39	16.948	Pemeliharaan Rutin
18	02+700	02+800	3,42	16.948	Pemeliharaan Rutin
19	02+800	02+900	3,84	16.948	Pemeliharaan Rutin
20	02+900	03+000	3,65	16.948	Pemeliharaan Rutin
21	03+000	03+100	3,51	16.948	Pemeliharaan Rutin
22	03+100	03+200	3,545	16.948	Pemeliharaan Rutin
23	03+200	03+300	3,405	16.948	Pemeliharaan Rutin
24	03+300	03+400	3,42	16.948	Pemeliharaan Rutin
25	03+400	03+500	4,435	16.948	Pemeliharaan Rutin
26	03+500	03+600	4,82	16.948	Pemeliharaan Rutin
27	03+600	03+600	3,525	16.948	Pemeliharaan Rutin
28	03+600	03+700	3,59	16.948	Pemeliharaan Rutin
29	03+700	03+800	4,07	16.948	Pemeliharaan Rutin
30	03+800	03+900	4,62	16.948	Pemeliharaan Rutin
31	03+900	04+000	4,11	16.948	Pemeliharaan Rutin
32	04+000	04+100	3,3	16.948	Pemeliharaan Rutin
33	04+100	04+200	4,145	16.948	Pemeliharaan Rutin
34	04+200	04+300	5,055	16.948	Pemeliharaan Rutin

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	LHR 2019	Jenis Panganan
35	04+300	04+400	3,18	16.948	Pemeliharaan Rutin
36	04+400	04+500	3,46	16.948	Pemeliharaan Rutin
37	04+500	04+600	4,025	16.948	Pemeliharaan Rutin
38	04+600	04+700	3,185	16.948	Pemeliharaan Rutin
39	04+700	04+800	3,51	16.948	Pemeliharaan Rutin
40	04+800	04+900	3,425	16.948	Pemeliharaan Rutin
41	04+900	05+000	5,09	16.948	Pemeliharaan Rutin
42	05+000	05+100	5,015	16.948	Pemeliharaan Rutin
43	05+100	05+200	3,575	16.948	Pemeliharaan Rutin
44	05+200	05+300	3,535	16.948	Pemeliharaan Rutin
45	05+300	05+400	3,855	16.948	Pemeliharaan Rutin
46	05+400	05+500	3,925	16.948	Pemeliharaan Rutin
47	05+500	05+600	3,6	16.948	Pemeliharaan Rutin
48	05+600	05+700	3,75	16.948	Pemeliharaan Rutin
49	05+700	05+800	3,545	16.948	Pemeliharaan Rutin
50	05+800	05+900	3,52	16.948	Pemeliharaan Rutin
51	05+900	06+000	3,575	16.948	Pemeliharaan Rutin
52	06+000	06+000	3,495	16.948	Pemeliharaan Rutin
53	06+000	06+100	3,37	16.948	Pemeliharaan Rutin
54	06+100	06+200	4,395	16.948	Pemeliharaan Rutin
55	06+200	06+300	3,305	16.948	Pemeliharaan Rutin
56	06+300	06+400	4,205	16.948	Pemeliharaan Rutin
57	06+400	06+500	3,65	16.948	Pemeliharaan Rutin
58	06+500	06+600	3,75	16.948	Pemeliharaan Rutin
59	06+600	06+700	3,965	16.948	Pemeliharaan Rutin
60	06+700	06+800	3,32	16.948	Pemeliharaan Rutin
61	06+800	06+900	3,37	16.948	Pemeliharaan Rutin

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	LHR 2019	Jenis Panganan
62	06+900	07+000	3,185	16.948	Pemeliharaan Rutin
63	07+000	07+100	4,955	16.948	Pemeliharaan Rutin
64	07+100	07+200	6,085	16.948	Pemeliharaan Rutin
65	07+200	07+300	3,21	16.948	Pemeliharaan Rutin
66	07+300	07+400	4,245	16.948	Pemeliharaan Rutin
67	07+400	07+500	3,835	16.948	Pemeliharaan Rutin
68	07+500	07+600	3,78	16.948	Pemeliharaan Rutin
69	07+600	07+700	3,72	16.948	Pemeliharaan Rutin
70	07+700	07+800	3,27	16.948	Pemeliharaan Rutin
71	07+800	07+900	4,45	16.948	Pemeliharaan Rutin
72	07+900	08+000	5,315	16.948	Pemeliharaan Rutin
73	08+000	08+100	3,925	16.948	Pemeliharaan Rutin
74	08+100	08+200	3,51	16.948	Pemeliharaan Rutin
75	08+200	08+300	3,505	16.948	Pemeliharaan Rutin
76	08+300	08+400	3,71	16.948	Pemeliharaan Rutin
77	08+400	08+500	3,255	16.948	Pemeliharaan Rutin
78	08+500	08+600	3,565	16.948	Pemeliharaan Rutin
79	08+600	08+700	3,865	16.948	Pemeliharaan Rutin
80	08+700	08+800	4,74	16.948	Pemeliharaan Rutin
81	08+800	08+900	4,39	16.948	Pemeliharaan Rutin
82	08+900	09+000	3,725	16.948	Pemeliharaan Rutin
83	09+000	09+100	3,44	16.948	Pemeliharaan Rutin
84	09+100	09+200	4,62	16.948	Pemeliharaan Rutin
85	09+200	09+300	3,695	16.948	Pemeliharaan Rutin
86	09+300	09+400	4,12	16.948	Pemeliharaan Rutin
87	09+400	09+500	4,395	16.948	Pemeliharaan Rutin
88	09+500	09+600	4,49	16.948	Pemeliharaan Rutin

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	LHR 2019	Jenis Penganan
89	09+600	09+700	4,38	16.948	Pemeliharaan Rutin
90	09+700	09+800	3,47	16.948	Pemeliharaan Rutin
91	09+800	09+900	3,605	16.948	Pemeliharaan Rutin

Sumber: Satker Pengawasan dan Perencanaan Jalan Nasional (2019)

Dari Nilai *IRI* yang dihasilkan semua penanganan pada Metode Bina Marga adalah Pemeliharaan Rutin yang dilaksanakan setahun sekali. Pemeliharaan rutin diterapkan pada jalan dengan kondisi baik dan sedang, umumnya pada kondisi jalan yang tidak mengalami kerusakan struktural.

### 5.5 Analisa Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2017 Dan Prediksi Umur Perkerasan

Berdasarkan hasil penilaian kondisi permukaan perkerasan jalan Ruas Jalan Karangnongko - Toyan pada Sta 00±000 sampai dengan 9±900 adalah kategori Baik, terdapat patching pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.

#### 1. Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR)

Data data sekunder lalu lintas harian rata – rata pada tahun 2019 digunakan untuk mengetahui menghitung sisa perkerasan pada metode Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Data Lalu Lintas Harian 2014 - 2019

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2019
1.	Mobil, sedan, jeep st wargon	2	4.077	8.533
2.	Pick up, combi	3	338	990

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2019
3.	Mobil Hantaran	4	733	934
2.	Bus kecil	5a	137	378
3.	Bus besar	5b	361	948
4.	Truk 2 as (4 roda)	6a	364	862
5.	Truk 2 as (6 roda)	6b	937	1.475
6.	Truk 3 as	7a	273	637
7.	Truk gandeng	7b	59	169
8.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	7c	87	158

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta (2019)

## 5.6 Analisa Tebal Perkerasan Dan Sisa Umur Perkerasan

Data lendutan dari survey FWD didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah dan DIY

Tabel 5.8 Data Lendutan FWD Arah Jogja

Data : Nilai lendutan hasil pengujian FWD																	
Ruas : Karang Nongko (Bts Prov Jateng) - Toyan																	
Arah : Normal																	
Provinsi : DIY																	
Waktu pengujian : Agustus 2019																	
No.	STA	KM	Teg. (Kpa)	Beban (kN)	Lendutan (0,001 mm)										Temp. (°C)		
					df1	df2	df3	df4	df5	df6	df7	df8	df9	T <sub>perkerasan</sub>	T <sub>permukaan</sub>	T <sub>udara</sub>	
1	0.000	33.800	592	42	205	174	167	153	140	114	91	62	51	46.2	43.5	33.1	
2	1.000	34.800	590	42	338	272	231	189	160	112	83	54	49	46.2	44.7	33.1	
3	2.000	35.800	580	41	289	248	223	191	163	115	84	52	49	46.2	45.5	34.4	
4	3.000	36.800	584	41	352	293	262	223	192	136	99	62	54	46.2	44.3	34.4	
5	4.000	37.800	581	41	355	299	253	212	180	127	88	54	49	46.2	42.4	34.4	
6	5.000	38.800	588	42	204	173	162	148	133	104	81	53	48	48.3	46.6	34.4	
7	6.000	39.800	569	40	486	371	289	193	129	59	44	31	30	48.3	46.2	34.4	
8	7.000	40.800	549	39	781	644	542	393	277	177	126	78	70	48.3	45.6	34.4	
9	8.000	41.800	578	41	518	397	330	242	182	112	82	60	50	48.3	44.0	34.4	
10	9.000	42.800	576	41	498	377	321	261	209	132	89	55	52	48.3	43.7	34.4	
11	10.000	43.800	582	41	419	308	253	199	160	106	73	50	44	48.3	46.7	34.4	
	Min		549	39	204	173	162	148	129	59	44	31	30	46	42	33	
	Max		592	42	781	644	542	393	277	177	126	78	70	48	47	34	
	Rata2		579	41	404	323	276	218	175	118	86	56	50	47	45	34	

Tabel 5.9 Data Lendutan FWD Arah Bandara

Data : Nilai lendutan hasil pengujian FWD Ruas : Karang Nongko (Bts Prov Jateng) - Toyan (0) Arah : Oposit Provinsi : DIY Waktu pengujian : Agustus 2019																
No.	STA	KM	Teg. (Kpa)	Beban (kN)	Lendutan (0,001 mm)							Temp. (°C)				
					df1	df2	df3	df4	df5	df6	df7	df8	df9	T <sub>perkerasan</sub>	T <sub>permukaan</sub>	T <sub>udara</sub>
1	9.000	42.800	574	41	503	374	300	237	185	116	80	51	49	48	48	34
2	8.000	41.800	586	41	523	361	265	168	116	68	55	38	36	48	48	34
3	7.000	40.800	572	40	712	588	483	357	265	145	96	63	56	48	39	34
4	6.000	39.800	566	40	415	338	287	231	187	117	78	49	44	48	35	34
5	5.000	38.800	579	41	234	207	198	174	154	112	85	50	47	50	50	35
6	4.000	37.800	592	42	233	204	186	161	138	103	80	53	48	50	36	35
7	3.000	36.800	580	41	437	360	307	251	207	143	102	66	60	50	44	35
8	2.000	35.800	583	41	233	204	194	174	152	112	84	53	46	50	45	35
9	1.000	34.800	590	42	187	149	137	125	113	90	71	46	43	50	45	35
10	0.000	33.800	587	41	271	217	210	189	170	129	100	61	57	50	48	35
	Min		566	40	187	149	137	125	113	68	55	38	36	48	35	34
	Max		592	42	712	588	483	357	265	145	102	66	60	50	50	35
	Rata2		580.9	41	375	300	257	207	169	114	83	53	49	49	44	35

### 5.6.1 Analisa Beban Lalu – Lintas

Cesal umur rencana digunakan sebagai parameter perhitungan tebal perkerasan flexible, perhitungan menggunakan data LHR dalam satuan kendaraan dengan perkembangan lalu lintas mengacu kepada MDP 2017.

$$ESATH-1 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Faktor perusak jalan (VDF) menggunakan tabel pada manual desain perkerasan jalan tahun 2017 hasil survey WIM

Untuk ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) – Toyan menggunakan tabel pulau jawa dengan MST 12 Ton.

Analisa cesal umur rencana adalah sebagai berikut :

Cesal umur rencana 10 tahun dengan VDF<sup>4</sup> tahun 2019 sebelum ada Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) adalah sebagai berikut

Fungsi Jalan	: Arteri
Umur Rencana	: 10 Tahun
Faktor Pertumbuhan lalu Lintas	: 4,8 %
Faktor Pengali	: 12,46 %
Faktor Distribusi Lajur (DD)	: 0,5
Faktor Distribusi Arah (DL)	: 1

Tabel 5.10 Perhitungan Nilai ESA 4 Sebelum Bandara

NO.	JENIS KENDARAAN	LHR (2 ARAH) TAHUN 2019 SEBELUM ADA BANDARA	LHR (2 ARAH) AKHIR UR TAHUN 2024	VDF <sup>4</sup> MST 12 TON	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2019	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2024
1	SPD. MOTOR, DAN KEND. RODA 3	9.102	11.507			
2	SEDAN, JEEP, STATION WAGON	5.154	6.516			
3	OPLET, PICK-UP, COMBI DAN MINIBUS	301	380			
4	PICK-UP, MICRO TRUCK DAN MOBIL HANTARAN	800	1.012			
5A	BUS KECIL	173	219			
5B	BUS BESAR	330	417	1,00	750.470	948.321
6A	TRUK 2 SUMBU 4 RODA	334	422	0,50	441.514	479.846
6B	TRUK 2 SUMBU 6 RODA	552	698	4,00	5.837.505	6.349.427
7A	TRUK 3 SUMBU	269	340	4,70	3.342.553	3.634.092

NO.	JENIS KENDARAAN	LHR (2 ARAH) TAHUN 2019 SEBELUM ADA BANDARA	LHR (2 ARAH) AKHIR UR TAHUN 2024	VDF <sup>4</sup> MST 12 TON	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2019	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2024
7B	TRUK GANDENGAN	62	78	9,40	1.540.805	1.667.407
7C	TRUK SEMI TRAILER	47	59	6,50	807.680	872.137
CESAL ^ 4					12.720.528	13.951.229

Sisa Umur Perkerasan pada Tahun 2019 Sebelum ada Bandara:

$$\begin{aligned}
 RL &= 100 \left(1 - \left(\frac{Np}{N^{1.5}}\right)\right) \\
 &= 100 \left(1 - \left(\frac{12.720.528}{13.951.229}\right)\right) \\
 &= 100 \cdot (1 - 0,91) \\
 &= 9 \%
 \end{aligned}$$

Cesal umur rencana 10 tahun dengan VDF<sup>4</sup> Setelah ada Bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA):

Fungsi Jalan : Arteri  
 Umur Rencana : 10 Tahun  
 Faktor Pertumbuhan lalu Lintas : 8 %  
 Faktor Pengali : 14,49 %  
 Faktor Distribusi Lajur (DD) : 0,5  
 Faktor Distribusi Arah (DL) : 1

Tabel 5.11 Perhitungan Nilai ESA Setelah Ada Bandara

NO.	JENIS KENDARAAN	LHR (2 ARAH) TAHUN 2019 SETELAH ADA BANDARA	LHR (2 ARAH) AKHIR UR TAHUN 2024	VDF <sup>4</sup> MST 12 TON	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2019	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2024
1	SPD. MOTOR, DAN KEND. RODA 3	11.507	11.507			

NO.	JENIS KENDARAAN	LHR (2 ARAH) TAHUN 2019 SETELAH ADA BANDARA	LHR (2 ARAH) AKHIR UR TAHUN 2024	VDF <sup>4</sup> MST 12 TON	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2019	ESA <sup>4</sup> 12 TON 2024
2	SEDAN, JEEP, STATION WAGON	6.516	6.516			
3	OPLET, PICK-UP, COMBI DAN MINIBUS	380	380			
4	PICK-UP, MICRO TRUCK DAN MOBIL HANTARAN	1.012	1.012			
5A	BUS KECIL	219	219			
5B	BUS BESAR	417	417	1,00	764.058	948.321
6A	TRUK 2 SUMBU 4 RODA	422	422	0,50	426.973	479.846
6B	TRUK 2 SUMBU 6 RODA	698	698	4,00	7.244.006	6.349.427
7A	TRUK 3 SUMBU	340	340	4,70	3.305.276	3.634.092
7B	TRUK GANDENGAN	78	78	9,40	1.416.547	1.667.407
7C	TRUK SEMI TRAILER	59	59	6,50	945.158	872.137
		CESAL <sup>4</sup>			14.102.017	13.951.229

Sisa Umur Perkerasan pada Tahun 2019 Setelah ada Bandara:

$$\begin{aligned}
 RL &= 100 \left( 1 - \left( \frac{Np}{N1.5} \right) \right) \\
 &= 100 \left( 1 - \left( \frac{14.102.017}{13.951.229} \right) \right) \\
 &= 100 \cdot (1 - 1,01) \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

## 5.7 Analisa Lapis Tambahan (Overlay) Dengan Metode MDP 2017

Pada bacaan lendutan FWD D0-D200 dan melihat nilai Cesal 10 Th per lajur maka bisa didapatkan jenis penanganan perkerasan existing menggunakan pemacu lendutan pada KM 36+800

### 1. Analisa tebal perkerasan

Evaluasi struktural perkerasan dengan *Non-Destructive Test* menghasilkan 2 parameter penting dari hasil analisisnya, yaitu nilai *Modulus Resilient*  $M_R$  tanah dasar dan *Structural Number Effektive*  $SN_{eff}$  struktur perkerasan terpasang (AASHTO, 1993). Adapun tahapan perhitungannya antara lain pada:

#### a. Modulus Resilient

Sedangkan pada penelitian ini nilai modulus resilient yang digunakan adalah Modulus Resilient Tanah Dasar ( $M_R$ ) yang dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} M_R &= \frac{0,24 P}{d_r \cdot r} \\ &= \frac{0,24 \times 9212,67}{0,0056 \times 35,4331} \\ &= 13274,48 \end{aligned}$$

#### b. Modulus Elastisitas Efektif ( $E_p$ )

Modulus Elastisitas Efektif dihitung berdasarkan atas lendutan dibawah beban pelat pusat yang telah disesuaikan dengan temperatur standar 68°F, dengan “*trial an error*” dengan persyaratan  $r = 0,7 a_e$ , dimana  $a_e$  dihitung dengan persamaan

$$d_0 = 1,5 P a \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left( \frac{D^3}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \left[ \frac{1 - \sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \right)^2}}{E_p} \right] \right\}$$

Lendutan wakil D0 setelah koreksi temperature

$$kt.do = 0,476 \times 0,0172 = 0,0082$$

Didapat nilai EP = 284610,5

c. *Structural Number Effetive* ( $SN_{eff}$ )

$$SN_{eff} = 0.0045 D \sqrt[3]{E_p}$$

$$SN_{eff} = 0.0045 \times 18,5 \sqrt[3]{284610,5}$$

$$SN_{eff} = 5,477$$

$$Cesal\ Eff = 221.379$$

d. *Structural Number in Future* ( $SN_f$ )

dapat ditentukan dengan menggunakan nomogram dan grafik atau menggunakan (AASHTO, 1993), dengan “*trial and error*” hingga didapat nilai  $W_{18}$  sama dengan nilai *Future Design ESALs* ( $N_f$ ), dan nilai  $M_R$  memenuhi syarat  $r = 0,7$  a.e.

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R S_O + 9,36 \text{Log}_{10}(SN_f + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}_{10}\left\{\frac{\Delta PSI}{(4,2-1,5)}\right\}}{0,4 + \frac{1094}{(SN_f + 1)^{5,19}}}$$

+.....

$$\dots\dots + 2,32 \text{Log}_{10}(M_R) - 8,07$$

$$\text{Log}(W_{18}) = 14.102.016$$

$$W_{18}(N_f) = 7,1493$$

$$SN_f = 6,0643$$

e. Perhitungan Nilai SCI

$$\frac{SN_{eff\ min}}{SN_f} = \frac{5,477}{6,064} = 0,91$$

Nilai SCI 0,91 sesuai tabel 3.20 memerlukan penanganan overlay fungsional

- f. Perhitungan Sisa Umur Rencana Berdasarkan Data FWD KM  
36+800

$$\text{Sisa Umur Rencana} = \frac{\text{Cesal Eff}}{\text{Cesal Rencana}} = \frac{221.379}{14.102.017} = 0,02 \text{ Tahun}$$

### 1. Tebal Overlay Perencanaan

Tebal overlay dapat dihitung dengan persamaan:

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{ol}}$$

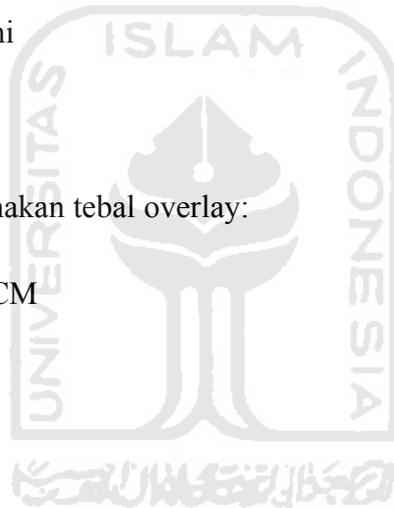
$$D_{ol} = \frac{6,0643 - 5,491}{0,4}$$

$$= 0,57 \text{ inchi}$$

$$= 3,64 \text{ Cm}$$

Sehingga digunakan tebal overlay:

AC WC 4,00 CM



## 5.8 PEMBAHASAN

Ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan merupakan jaringan jalan primer karena melayani distribusi barang dan jasa dan menghubungkan simpul-simpul kegiatan di wilayah tersebut. Menurut kelasnya ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan tergolong jalan Arteri dengan kelas beban I, yaitu MST > 8 ton. Menurut fungsinya ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan termasuk Jalan Nasional.

Berdasarkan data volume lalu lintas diperoleh kendaraan yang disurvei dibagi menjadi empat jenis yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat menengah (MHV), sepeda motor (MC) dan kendaraan tidak berbahan bakar. Survei dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Kamis, Minggu dan Senin untuk mewakili hari kerja dan hari Minggu untuk mewakili hari libur. Survei dilakukan dari jam 24 jam,. Dari hasil yang diperoleh nilai arus total tertinggi terjadi pada hari Minggu mulai dari jam 06.00 s/d jam 07.00 dengan total jumlah kendaraan yang melewati jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan sebanyak 16.886 kend/jam kemudian dikonversikan dengan ekivalensi mobil penumpang menjadi 13.651 smp/jam, sedangkan untuk volume lintas harian rerata diperoleh sebesar 1.221 smp/hari.

Nilai Kapasitas dari hasil perhitungan pada ruas Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan diperoleh sebesar 3.007 smp/jam,. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat

Tabel 5.12 Derajat Kejenuhan dan Tingkat Pelayanan

Kondisi lalu lintas	Kapasitas (smp/jam)	Volume (smp/jam)	DS
Normal	3.007	1.221,40	0,41

Berdasarkan Tabel 5.12 kondisi lalu lintas pada saat normal nilai kapasitas jalan adalah 3.007 smp/jam, hasil perhitungan tersebut berdasarkan faktor-faktor penyesuaian seperti nilai Kapasitas Dasar (Co) sebesar 3.100 smp/jam karena jalan

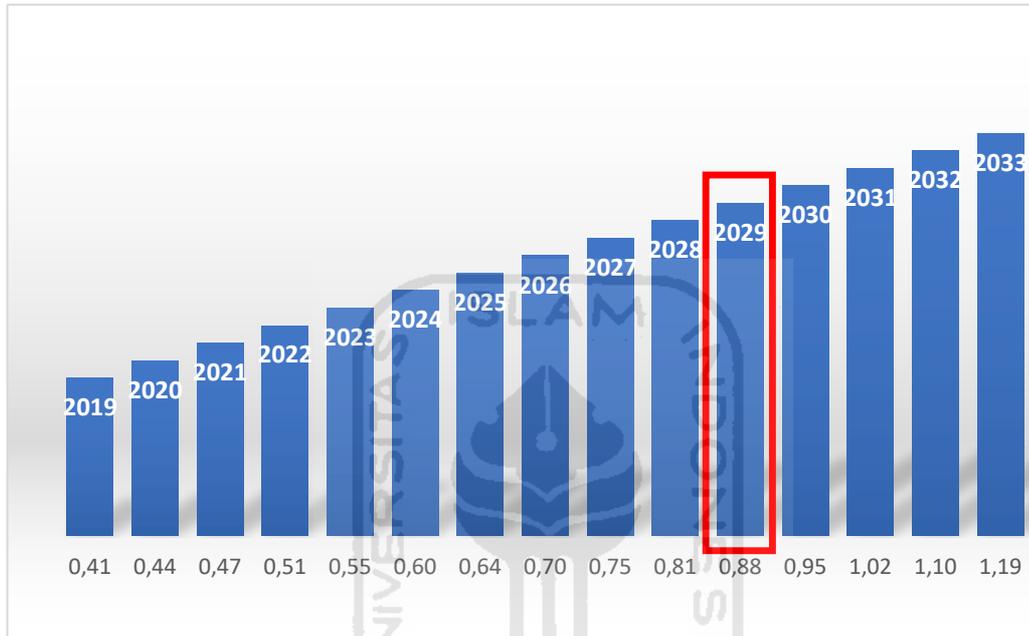
tersebut tergolong jalan datar sesuai dengan Tabel 3.1 faktor penyesuaian akibat lebar jalur (FCw) sebesar 1,00 karena tipe jalan dua lajur tak- tebagi sesuai tabel 3.4 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah diperoleh 1,00 dengan perbandingan 50%-50% untuk arah Jogja dan arah Bandara, sedangkan untuk faktor penyesuaian akibat hambatan samping sebesar 0,97 karena ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan tergolong kelas hambatan samping yang rendah.

Hasil estimasi kapasitas jalan pada saat kondisi bandara dibuka dan Estimasi untuk perencanaan 10 tahun kedepan dengan faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 8 % maka didapat Nilai DS sebagai berikut:

Tabel 5.13 Perhitungan Nilai DS Existing

TAHUN	LEBAR	KAPASITAS JALAN			KERERANGAN
	( M )	QV	C	DS	
2019	7,00	1.221	3.007	0,41	SAMPAI UMUR RENCANA 10 TAHUN PERLU PENINGATAN KAPASITAS
1 2020	7,00	1.319	3.007	0,44	
2 2021	7,00	1.425	3.007	0,47	
3 2022	7,00	1.539	3.007	0,51	
4 2023	7,00	1.662	3.007	0,55	
5 2024	7,00	1.795	3.007	0,60	
6 2025	7,00	1.938	3.007	0,64	
7 2026	7,00	2.093	3.007	0,70	
8 2027	7,00	2.261	3.007	0,75	
9 2028	7,00	2.442	3.007	0,81	
10 2029	7,00	2.637	3.007	0,88	
11 2030	7,00	2.848	3.007	0,95	
12 2031	7,00	3.076	3.007	1,02	
13 2032	7,00	3.322	3.007	1,10	
14 2033	7,00	3.587	3.007	1,19	
15 2034	7,00	3.874	3.007	1,29	
16 2035	7,00	4.184	3.007	1,39	
17 2036	7,00	4.519	3.007	1,50	
18 2037	7,00	4.881	3.007	1,62	

TAHUN	LEBAR	KAPASITAS JALAN			KERERANGAN
	( M )	QV	C	DS	
19 2038	7,00	5.271	3.007	1,75	
20 2039	7,00	5.693	3.007	1,89	



Gambar 5.4 Nilai DS Rencana 10 Tahun Umur Rencana

Dari Hasil perhitungan nilai DS maka untuk 10 tahun kedepan pada tahun 2028 didapat nilai DS : 0,88 lebih besar dari nilai DS Rencana yaitu  $< 0,85$  sehingga untuk mempertahankan kinerja ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan pada tahun 2028 diperlukan penambahan kapasitas jalan dengan menambah pelebaran Jalan.

Tabel dibawah ini perhitungan Kapasitas jalan jika jalan diperlebar menjadi 14 m:

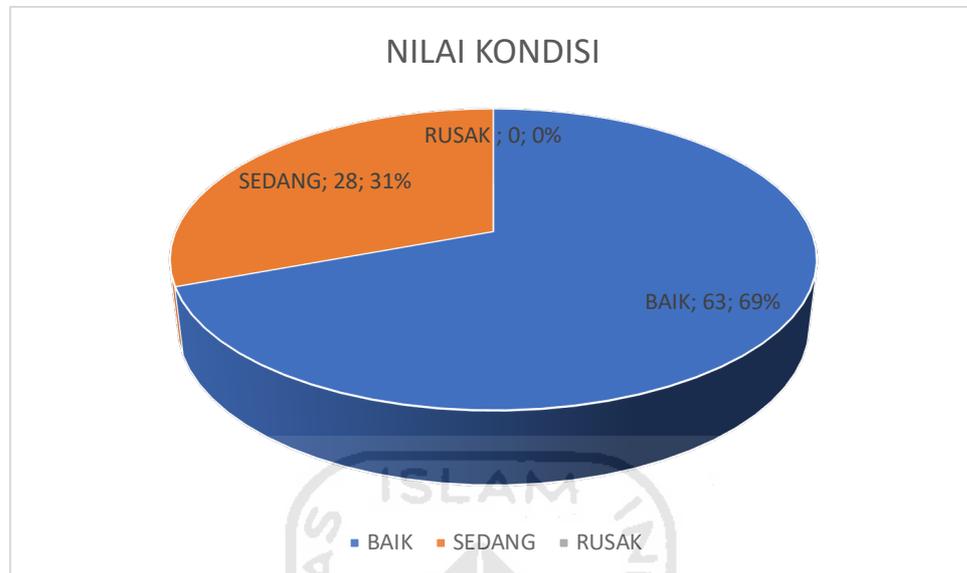
Tabel 5.14 Perhitungan Nilai DS Lebar 14 m

TAHUN	LEBAR ( M )	KAPASITAS JALAN			KERERANGAN
		QV	C	DS	
2019	14,00	1.221	5.820	0,21	SAMPAI UMUR RENCANA 10 TAHUN BELUM PERLU PENINGATAN KAPASITAS
1 2020	14,00	1.319	5.820	0,23	
2 2021	14,00	1.425	5.820	0,24	
3 2022	14,00	1.539	5.820	0,26	
4 2023	14,00	1.662	5.820	0,29	
5 2024	14,00	1.795	5.820	0,31	
6 2025	14,00	1.938	5.820	0,33	
7 2026	14,00	2.093	5.820	0,36	
8 2027	14,00	2.261	5.820	0,39	
9 2028	14,00	2.442	5.820	0,42	
10 2029	14,00	2.637	5.820	0,45	
11 2030	14,00	2.848	5.820	0,49	
12 2031	14,00	3.076	5.820	0,53	
13 2032	14,00	3.322	5.820	0,57	
14 2033	14,00	3.587	5.820	0,62	
15 2034	14,00	3.874	5.820	0,67	
16 2035	14,00	4.184	5.820	0,72	
17 2036	14,00	4.519	5.820	0,78	
18 2037	14,00	4.881	5.820	0,84	
19 2038	14,00	5.271	5.820	0,91	
20 2039	14,00	5.693	5.820	0,98	

Dari Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa jika jalan dilebarkan menjadi 14 meter maka ruas jalan dapat mempertahankan kinerjanya sampai 10 tahun kedepan

Berdasarkan hasil data sekunder pada ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyon untuk metode Bina Marga 2011 menggunakan parameter *IRI* dan *SDI* adapun nilai kondisi perkerasan jalan masih tergolong baik dengan nilai *IRI* adalah 3,83 Penentuan jenis penangan pada metode Bina marga 2011 berdasarkan Nilai *SDI*, *IRI* dan *LHR* yang melewati ruas Jalan Karangnongo (Bts Prov Jateng) - Toyon adalah pemeliharaan rutin. Pemeliharaan rutin diterapkan pada jalan dengan kondisi baik dan sedang, umumnya pada kondisi jalan yang tidak

mengalami kerusakan struktural.



Gambar 5.5 Persentase Kerusakan Kondisi Jalan

Analisis nilai  $SCI$  sangat dipengaruhi oleh data lendutan yang diperoleh dari survei FWD dan data  $IRI$  yang diperoleh dari survei Mata Garuda. Data lendutan dan  $IRI$  tersebut akan diolah untuk mencari besaran  $SN_{eff}$  dan  $SN_f$  dari perkerasan jalan. Berdasarkan nilai  $SN_{eff}$  dan  $SN_f$  didapatkan nilai  $SCI$  yang digunakan untuk penentuan penanganan jalan. Hasil perhitungan  $SCI$  diperoleh bahwa penanganan jalan sebelum dipisahkan secara segmentasi untuk kedua arah diurut dari persentase penanganan terbesar yaitu melakukan rekonstruksi, *overlay* struktural, *overlay* fungsional dan persentase paling kecil yaitu kegiatan pemeliharaan jalan. Persentase program penanganan jalan dapat dilihat pada gambar 2

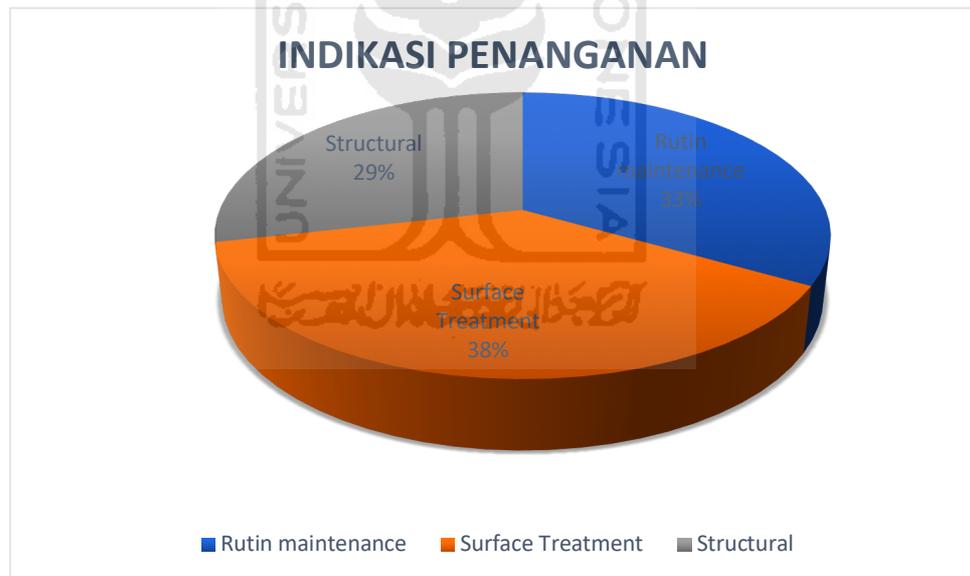
Berdasarkan hasil perhitungan analisis lendutan FWD nilai  $SCI$  terendah berada pada KM 40+800 - 42+800 arah Bandara yaitu 0,58 dengan indikasi penanganan Rekonstruksi Jalan sedangkan KM 34+800 - 37+800, KM 39+800, KM 43+800 Arah Bandara dan sta 39+800 arah Jogja indikasi penanganan Rehabilitasi Mayor sedangkan Sta 33+800, KM 38+800, KM 37+800, KM 35+800 – KM 33+800 Arah Jogja indikasi penanganan Pemeliharaan rutin

KM		33+800	34+800	35+800	36+800	37+800	38+800	39+800	40+800	41+800	42+800	43+800
NILAI SCI	ARAH BANDARA	1,45	0,99	1,09	0,96	0,95	1,51	0,83	0,58	0,77	0,79	0,89
	ARAH JOGJA	1,30	1,69	1,41	0,91	1,44	1,41	0,63	0,80	0,79	0,89	0,79

Keterangan :

- $SCI \geq 1.0$  : RUTIN MAINTENANCE
- $0.7 < SCI \leq 1.0$  : SURFACE MAINTENANCE
- $SCI \leq 0.7$  : STRUCTURAL

Gambar 5.5 Indikasi Penanganan Berdasarkan Nilai SCI



Gambar 5.6 Indikasi Penanganan Berdasarkan Nilai SCI 1

Tabel 5.15 Rekomendasi Penanganan Segmen Bandara

No	Stasioning/ KM	Jarak (KM)	Rekomendasi Penganan
1	33+800	1,00	Pemeliharaan Rutin
2	34+800-39+800	5,00	Overlay Fungsional
3	40+800 – 42+800	2,00	Rekonstruksi

Tabel 5.16 Rekomendasi Penanganan Segmen Jogja

No	Stasioning/ KM	Jarak (KM)	Rekomendasi Penganan
1	33+800 – 35 800	2,00	Pemeliharaan Rutin
2	34+800-39+800	5,00	Overlay Fungsional
3	40+800 – 42+800	2,00	Rekonstruksi

Tebal perkerasan lapis tambahan (*overlay*) yang dibutuhkan dihitung berdasarkan metode Analisa Komponen (Bina Marga,2017). Adapun sebagai patokan untuk menghitung *overlay* ini berdasarkan nilai SCI 0,78 dengan KM 36+800 arah Jogja agar kondisi jalan dapat ditingkatkan ratingnya menjadi *good*. Dari hasil evaluasi diketahui kondisi struktural lapis perkerasan saat ini tersisa 0,02 % untuk lapis permukaan sehingga untuk mempertahankan umur rencana diperlukan penganan penambahan Lapisan tambahan (*Overlay*) setebal 4 cm.

Sisa umur rencana berdasarkan dihitung berdasarkan lendutan FWD adalah sebagai berikut :

Tabel 5.17 Sisa Umur Lencana - Lendutan FWD

NO.	STA	KM	TEGANGAN (Kpa)	TEGANGAN (Psi)	BEBAN (KN)	BEBAN (lbs)	SCI	INDIKASI PENANGANAN	SISA UMUR RENCANA
			Teg. (Kpa)	Teg. (Kpa)	Beban (kN)	Beban (kN)			
1	0	33+800	592	85,8623184	41,83000183	9403,756699	1,25	Rutin maintenance	10,91
2	1	34+800	590	85,572243	41,66999817	9367,786451	0,86	Surface Treatment	0,02
3	2	35+800	580	84,121866	41,02000046	9221,661181	0,94	Surface Treatment	0,09
4	3	36+800	584	84,7020168	41,27000046	9277,863406	0,83	Surface Treatment	0,03
5	4	37+800	581	84,2669037	41,04999924	9228,405173	0,82	Surface Treatment	0,02
6	5	38+800	588	85,2821676	41,58000183	9347,554474	1,30	Rutin maintenance	16,11
7	6	39+800	569	82,5264513	40,20999908	9039,565663	0,71	Surface Treatment	0,00
8	7	40+800	549	79,6256973	38,77000046	8715,841156	0,50	Structural	0,00
9	8	41+800	578	83,8317906	40,81999969	9176,699229	0,67	Structural	0,00
10	9	42+800	576	83,5417152	40,72000122	9154,218682	0,68	Structural	0,00
11	10	43+800	582	84,4119414	41,09999847	9239,645447	0,77	Surface Treatment	0,00
12	9	42+800	574	83,2516398	40,56999969	9120,497004	0,68	Structural	0,00
13	8	41+800	586	84,9920922	41,41999817	9311,584226	0,68	Structural	0,00
14	7	40+800	572	82,9615644	40,45000076	9093,520177	0,55	Structural	0,00
15	6	39+800	566	82,0913382	40,02999878	8999,099993	0,76	Surface Treatment	0,00
16	5	38+800	579	83,9768283	40,88999939	9192,435784	1,21	Rutin maintenance	4,38
17	4	37+800	592	85,8623184	41,81000137	9399,260418	1,24	Rutin maintenance	6,14
18	3	36+800	580	84,121866	40,97999954	9212,668619	0,78	Surface Treatment	0,02
19	2	35+800	583	84,5569791	41,20999908	9264,374563	1,21	Rutin maintenance	3,54
20	1	34+800	590	85,572243	41,70000076	9374,531302	1,44	Rutin maintenance	70,08
21	0	33+800	587	85,1371299	41,47999954	9325,073069	1,12	Rutin maintenance	2,77

Dari hasil perhitungan Sisa umur rencana Lendutan FWD dapat disimpulkan bahwa nilai kondisi jalan saat ini telah habis masa umur rencananya sehingga untuk mempertahankan kondisi jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan perlu dilakukan penganan sesuai tabel diatas tetapi jika berdasarkan Nilai IRI kondisi jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan masih dikategorikan kondisi baik sehingga hanya dengan pemeliharaan rutin jalan

## BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data, hasil yang didapatkan dari penelitian Analisis Kapasitas Jalan dan prediksi sisa umur perkerasan jalan dengan Bina Marga 2017 pada ruas Jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Nilai Derajat Kejenuhan DS tahun 2019 didapat sebesar 0,41 dan dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa ruas jalan Karangnongko (Bts Prov Jateng) - Toyan masih memenuhi kriteria kelayakan dan masih bisa melayani belum diperlukan penambahan kapasitas. Sedangkan pada tahun 2029 akibat adanya Bandara sebesar  $0,88 > 0,85$  sehingga diperlukan penambahan kapasitas jalan. Jika berdasarkan data IRI kondisi ruas jalan dalam kondisi Mantap sehingga hanya diperlukan pemeliharaan rutin sedangkan berdasarkan Analisa lendutan FWD didapatkan nilai SCI sebesar 0,78 memerlukan penanganan lapis ulang
2. Sisa umur perkerasan sebelum ada bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) sebesar 9 % didapat dari nilai CESAL 2019 sebelum ada bandara sebesar 12.760.528 dan nilai CESAL akhir umur rencana 2024 sebesar 13.951.229. Sedangkan sisa umur perkerasan setelah ada bandara Yogyakarta Internasional Airport (YIA) sebesar 0 % didapat dari nilai CESAL 2019 setelah ada bandara sebesar 14.102.017 dan nilai CESAL akhir umur rencana 2024 sebesar 13.951.229

### 6.2. Saran

Berdasarkan pengamatan dan analisis di lapangan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan opsi perbaikan yang paling efisien dan efektif dari berbagai jenis pilihan penanganan yang tersedia baik dengan metode *PCI* maupun metode Bina Marga 2017, khususnya dari segi

teknis biaya.

2. Perlu adanya penelitian manajemen pemeliharaan jalan secara preventatif kemudian dibandingkan dengan pemeliharaan korektif atau reaktif yang umum di laksanakan di Indonesia..
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap kinerja ruas jalan dari sisi simpang bersinyal dan bersinyal sehingga lebih akurat dalam mengukur Kinerja ruas jalan tersebut



## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyadi, Widodo. 2019. *Evaluasi Kondisi Perkerasan dan Prediksi Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index, Bina Marga Dan Metode Mekanistik – Empirik Dengan Program Kenpave*
- Alfianti, Faradita. 2017. *Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Lapis Tambah dengan Metode Manual Design Perkerasan Bina Marga.*
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1993. *Guide for Design of Pavement Structure.*
- Bina Marga. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.*
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*
- Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian Pengembangan Prasarana Transportasi. 2005. *Teknik Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur.*
- Fadhlan, 2010. *Evaluasi Perkerasan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga Pt T-0102- 2002-B Dengan Menggunakan Program KENVAPE Universitas Sumatera Utara.*
- Hardiyatmo, H. C. 2009. *Pemeliharaan Jalan Raya.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press. .
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Bina Marga 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*
- Koestalam P. & Sutoyo, 2010, *Perancangan Tebal Perkerasan Jalan Jenus Lentur*
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia MKJI 1997
- Nugraheni, N.A., dkk. 2018. *Analisis Kondisi Fungsional Jalan Dengan Metode PSI dan RCI Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan Studi Kasus: Jalan Batas Kota Wates- Milir.* Surakarta: E-Jurnal Teknik Sipil. (Maret 2018)

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.*
- Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.*
- Shahin, 1997, *Pavement Management Airport, Roads, And Parking Lots.*  
Chapman And Hall, ITP, New York
- Sarwono, J. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif.* Bandung: Graha Ilmu.
- Sukirman, silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung : Nova.
- Tenriajeng, A.T. 2002. *Rekayasa Jalan Raya-2.* Gunadarma: Jakarta
- Pemerintah Republik Indonesia. 1964 *Peraturan Pemerintah Tentang Lalulintas Nasional (PPLLN) No. 05 Tahun 1964.* Pemerintah Republik Indonesia. Jakarta.
- Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.*

