

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KERUSAKAN DINI PADA LAPIS
TAMBAH DAN UMUR SISA PERKERASAN
MENGUNAKAN METODE *AASHTO* 1993 PADA
RUAS JALAN DIPONEGORO KLATEN – SOLO
*EVALUATION OF EARLY DAMAGE ON THE EXTRA
LAYER AND REMAINING LIFE OF PAVEMENT
USING AASHTO 1993 METHOD AT DIPONEGORO
ROAD KLATEN - SOLO***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhammad Iqbal
14511226**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

EVALUASI KERUSAKAN DINI PADA LAPIS TAMBAH DAN UMUR SISA PERKERASAN MENGUNAKAN METODE *AASHTO* 1993 PADA RUAS JALAN DIPONEGORO KLATEN – SOLO *EVALUATION OF EARLY DAMAGE ON THE EXTRA LAYER AND REMAINING LIFE OF PAVEMENT USING AASHTO 1993 METHOD AT DIPONEGORO ROAD KLATEN - SOLO*

Disusun oleh

Muhammad Iqbal
14511226

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal:

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK : 015110101

Penguji I

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103

Penguji II

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK : 205111302

Mengesahkan,



Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagai laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta

Yang membuat pernyataan



METERAI
TEMPEL
F8DAJX467032610

Muhammad Iqbal

NIM : 14511226

KATA PENGANTAR

Alhamdu lillahi robbil 'alamin Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas ijin Allah penulis bisa menuntaskan penulisan Tugas Akhir yang mempunyai judul *Evaluasi Kerusakan Dini Lapis Tambah (Overlay) Dan Umur Sisa Perkerasan Menggunakan Metode AASTHO (1993) : Pada Ruas Jalan Diponegoro (bypass) Klaten – Solo*. Tugas akhir ini dibuat dengan sungguh – sungguh untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak menemui hambatan yang dihadapi, namun berkat dukungan, saran, kritik, bantuan teman – teman seperjuangan dalam menyongsong masa depan, dengan penuh perjuangan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan secara sangat tidak muda oleh sebab itu penulis memberikan ucapan terima kasih yang luarbiasa untuk pihak pihak yang sangat berpengaruh pada proses pembuatan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir
2. Ibu Faizul Chasanah. S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing proposal tugas akhir
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji.
4. Bapak Elvis Saputra S.T., M.T. selaku dosen penguji
5. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku kepala program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak dan Ibu penulis yang telah memperjuangkan biaya kuliah, biaya hidup selama di kota rantau Yogyakarta yang berhati nyaman ini, dan semua biaya yang harus dikeluarkan untuk selesai tersusunnya Tugas Akhir ini.
7. Kartini Ayu Wijayani sebagai penyemangat utama dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir.
8. Seluruh rekan – rekan Teknik Sipil 2014, selaku *support system* yang sangat baik.

9. Segenap kawan – kawan SMA Negeri 1 Klaten yang masih bersua walaupun lama tak berjumpa tatap muka tapi semangatnya sampai di saya.
10. Segenap teman - teman komunitas sepeda balap Strattos User Klaten sebagai teman bersepeda dikala suasana hati penulis tidak begitu baik, karna olah raga adalah sarana *healing* terbaik menurut penulis.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 22 November 2021
Penulis,

Muhammad Iqbal
14511226

الجمعة الاستاذة الانيسة

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRAK</i>	xiii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih (<i>Overloading</i>)	5
2.2 Pengaruh Beban Berlebih (<i>overload</i>) terhadap Umur Sisa Perkerasan	5
BAB III Landasan Teori	9
3.1 Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur	9
3.2 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	22
3.3 <i>AASHTO</i> 1993	27
3.4 Muatan Lebih (<i>Overloading</i>) & Umur Sisa (<i>Remaining Life</i>)	38
BAB IV Metode Penelitian	41
4.1 Jenis Penelitian	41
4.2 Lokasi Penelitian	41
4.3 Pengumpulan Data	42

4.4	Tahapan Penelitian	46
4.5	<i>Flowchart</i> Penelitian	46
BAB V Analisis Pembahasan		48
5.1	Deskripsi Jenis Kerusakan Jalan	48
5.2	Analisis <i>SN (Structural Number)</i>	49
5.3	Menentukan nilai indeks pelayanan terendah (Pt)	50
5.4	Analisis Lalu Lintas	50
5.5	Umur Sisa Perkerasan	61
BAB VI Kesimpulan dan Saran		65
6.1	KESIMPULAN	65
6.2	SARAN	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		69



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Yang Telah Dilakukan Oleh Peneliti Terdahulu	7
Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Yang Telah Dilakukan Oleh Peneliti Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Alligator Cracking</i>	10
Tabel 3. 2 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Bleeding</i>	11
Tabel 3. 3 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Block Cracking</i>	11
Tabel 3. 4 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Bumps and Sags</i>	12
Tabel 3. 5 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Corrugation</i>	13
Tabel 3. 6 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Depression</i>	13
Tabel 3. 7 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Edge Cracking</i>	14
Tabel 3. 8 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Joint Reflection Cracking</i>	15
Tabel 3. 9 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Lane/Shoulder Drop - Off</i>	15
Tabel 3. 10 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Longitudinal and Transverse Cracking</i>	16
Tabel 3. 11 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Patching and Utility Cut Patching</i>	17
Tabel 3. 12 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Polished Aggregate</i>	17
Tabel 3. 13 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Potholes</i>	18
Tabel 3. 14 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Railroad Crossing</i>	19
Tabel 3. 15 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Rutting</i>	19
Tabel 3. 16 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Shoving</i>	20
Tabel 3. 17 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Slippage Cracking</i>	20
Tabel 3. 18 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Swell</i>	21
Tabel 3. 19 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Weathering and Raveling</i>	21
Tabel 3. 20 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir	28
Tabel 3. 21 Distribusi Lajur (DL)	29
Tabel 3. 22 Nilai Indeks Pelayanan Akhir (Pt)	30
Tabel 3. 23 Nilai Reliabilitas	31
Tabel 3. 24 Hubungan antara R dan Zr	31
Tabel 3. 25 Koefisien Lapisan	33
Tabel 3. 26 Koefisien Drainase	34
Tabel 3. 27 Kualitas Drainase	35
Tabel 4. 1 Data Lalu Lintas Ruas Jalan Diponegoro (<i>bypass</i>) Klaten	43
Tabel 4. 2 Data Tebal Perkerasan dan Kondisi Drainase	44
Tabel 4. 3 Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) Kendaraan	44
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Data Beban	42
Tabel 5. 1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	50

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan LHR 2017 sampai dengan 2026	52
Tabel 5. 3 Distribusi Beban Gandar	56
Tabel 5. 4 Rekapitulasi <i>VDF</i> Normal	57
Tabel 5. 5 Rekapitulasi <i>VDF</i> Overload	59
Tabel 5. 6 Perbandingan <i>VDF</i> Normal dan <i>VDF Overload</i>	59
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Nilai ESA kendaraan Normal	60
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Nilai ESA Kendaraan Overload	61
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Nilai Remaining Life Normal	62
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Nilai Remaining Life Overload	63
Tabel 5. 11 Perbandingan Remaining Life	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Jalan Klaten - Solo (Jl.Diponegoro Klaten) pada tahun 2018	2
Gambar 3. 1 Distribusi Beban Dari Roda Ke Perkerasan	23
Gambar 3. 2 Gambar Struktur Lapisan Perkerasan Lentur	24
Gambar 3. 3 Jenis Kendaraan Berdasarkan Jumlah Berat yang Diizinkan	39
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Pada Ruas Jalan Diponegoro (bypass)	41
Gambar 4. 2 Tampak Jalan Lokasi Penelitian Pada Ruas Jalan Diponegoro (<i>bypass</i>)	42
Gambar 4.3 Tebal Perkerasan Eksisting Ruas Jl. Diponegoro (<i>bypass</i>) Klaten	43
Gambar 4. 4 Flowchart Penelitian menggunakan metode AASTHO 1993	47
Gambar 5. 1 Kondisi Jalan Klaten – Solo Jl. Diponegoro (<i>bypass</i>) Klaten pada tahun 2018	48
Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Nilai Remaining Life Kondisi Normal dan Overload	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar. 1 Lokasi Penelitian Ruas Jalan Diponegoro (bypass) Klaten	70
Lampiran 2 Gambar 1. 1 Gambar existing jalan perencanaan peningkatan struktur jalan Diponegoro (bypass) Klaten	71
Lampiran 3 Gambar 1. 1 Rekapitulasi Penimbangan	72
Lampiran 4 Gambar 1. 1 LHR Ruas Jalan Diponegoro (<i>bypass</i>) Pada Tahun 2014	73
Lampiran 4 Gambar 1. 2 LHR Ruas Jalan Diponegoro (<i>bypass</i>) Tahun 2015	74
Lampiran 4 Gambar 1. 3 LHR Ruas Jalan Diponegoro (<i>bypass</i>) Tahun 2016	75



ABSTRAK

Kabupaten Klaten terletak di antara 2 kota besar yaitu Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta dan mempunyai banyak sumber daya alam sehingga Kabupaten Klaten sangat berpotensi untuk dilewati kendaraan besar seperti trailer, truk ekspedisi, bus, dan truk pasir yang diarahkan untuk melewati jalur khusus yaitu di Jalan Diponegoro atau sering disebut dengan jalan *bypass*. Pada tahun 2016 jalan Diponegoro dilakukan *overlay* dengan umur rencana 10 tahun, namun pada tahun 2017 jalan tersebut sudah mengalami kerusakan. Pada tahun 2018 kerusakan di ruas Jalan Diponegoro semakin parah, kejadian tersebut diindikasikan disebabkan oleh (*overloading*) yang terjadi pada kendaraan oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten, mengetahui seberapa besar daya rusak suatu kendaraan yang mengalami (*overloading*), dan seberapa besar pengaruh yang terjadi akibat beban yang berlebih (*overload*) terhadap umur rencana jalan. Penelitian ini menggunakan metode *AASHTO 1993* sebagai panduan utamanya data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data LHR yang didapatkan dari B2PJK Semarang dan data beban kendaraan yang didapatkan dari Jembatan Timbang Tamanmartani Prambanan. Dari analisis data didapatkan jenis kerusakan jalan yang menimpa pada ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten banyak mengalami kerusakan kerusakan alur (*ruting*). Muatan berlebih yang terjadi di lapangan mengakibatkan peningkatan VDF yang berupa golongan III peningkatan nilai VDF sebesar 1,94 golongan IV peningkatan nilai VDF sebesar 2,33 golongan VI peningkatan nilai VDF sebesar 2,29, golongan VIIa peningkatan nilai VDF sebesar 1,73 golongan VIIb peningkatan nilai VDF sebesar 1,62 dan golongan VIIc peningkatan nilai VDF sebesar 1,36. Pada tahun 2021 masa layan jalan pada kondisi normal sebesar 51,28% sedangkan masa layan pada kondisi *overload* sebesar -7,268% maka ruas jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten pada tahun 2021 pada kondisi *overload* sudah tidak dapat lagi melayani lalu lintas kendaraan.

Kata Kunci: kerusakan Jalan, *AASHTO 1993*, *Overload*, *vehicle damage factor* (VDF), *Remaining Life*

ABSTRACT

Klaten Regency is located between 2 big cities, namely Yogyakarta City and Surakarta City and has a lot of natural resources so that Klaten Regency has the potential to be passed by large vehicles such as trailers, expedition trucks, buses, and sand trucks that are directed to pass a special route, namely Jalan Diponegoro. or often referred to as the bypass road. In 2016 the Diponegoro road was overlaid with a planned life of 10 years, but in 2017 the road was already damaged. In 2018 the damage on the Jalan Diponegoro section was getting worse, the incident was indicated to be caused by (overloading) that occurred in the vehicle, therefore the purpose of this study was to determine the type of damage that occurred on the Jalan Diponegoro (bypass) Klaten, to find out how much damage power there was. a vehicle that is experiencing (overloading), and how much influence occurs due to overload on the design life of the road. This study uses the 1993 AASTHO method as the main guide. The data needed in this study is secondary data in the form of LHR data obtained from B2PJN Semarang and vehicle load data obtained from the Tamanmartani Prambanan Weighbridge. From the data analysis, it was found that the types of road damage that hit the Jalan Diponegoro (bypass) Klaten section experienced a lot of damage to the route (routing). The overload that occurred in the field resulted in an increase in VDF in the form of group III an increase in VDF value of 1.94 group IV an increase in VDF value of 2.33 group VI an increase in VDF value of 2.29, group VIIa an increase in VDF value of 1.73 group VIIb an increase in VFD value of 1.62 and group VIIc an increase in VDF value of 1.36. In 2021 the road service period under normal conditions is 51.28% while the service period in overload conditions is -7.268%, the Diponegoro road (bypass) Klaten in 2021 in overload conditions can no longer serve vehicle traffic.

Keywords: Road damage, AASHTO 1993, Overload, vehicle damage factor (VDF), Remaining Life

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Dengan adanya transportasi maka pertukaran informasi dan keperluan lainnya seperti distribusi barang dan logistik bisa berjalan dengan baik. Ketika suatu daerah bisa mendapatkan informasi dan keperluan dengan baik maka daerah tersebut bisa dikatakan daerah yang maju. Oleh karena itu, pada suatu daerah yang maju mempertahankan kondisi jalan pada keadaan yang baik adalah hal yang sangat penting agar daerah tersebut tidak ketinggalan informasi dan keperluan lainnya.

Salah satu daerah yang diindikasikan merupakan daerah yang maju adalah Kabupaten Klaten. Kabupaten Klaten terletak di antara 2 kota besar yaitu Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Kabupaten Klaten juga mempunyai banyak sumber daya alam sehingga Kabupaten Klaten sangat berpotensi untuk dilewati kendaraan besar seperti trailer, truk ekspedisi, bus, dan truk pasir yang diarahkan untuk melewati jalur khusus yaitu di Jalan Diponegoro atau sering disebut dengan jalan *bypass*.

Berdasarkan wawancara yang telah dilaksanakan bersama dengan *staff* Dinas Pemeliharaan Umum (DPU) Kabupaten Klaten mengenai jalan Diponegoro diperoleh informasi bahwa terdapat penurunan umur rencana di ruas Jalan Diponegoro. Pada tahun 2016 jalan Diponegoro dilakukan *overlay* dengan umur rencana 10 tahun, namun pada tahun 2017 jalan tersebut sudah mengalami kerusakan. Pada tahun 2018 kerusakan di ruas Jalan Diponegoro semakin parah, sehingga mobil rendah seperti sedan sulit melintasi jalan tersebut.

Selain itu, juga diperoleh data lain bahwa di Jembatan Timbang Tamanmartani Prambanan banyak ditemukan kasus kendaraan dengan muatan beban yang berlebih (*overloading*). Berdasarkan data dari hasil wawancara tersebut

dapat diindikasikan bahwa Jalan Diponegoro mengalami penurunan umur rencana yang diakibatkan karena *overloading*.

Beban lalu lintas bagi jalan diperhitungkan sebagai jumlah lintasan beban gandar standar yang terjadi selama umur rencana jalan. Dalam kondisi yang ideal, apabila beban lalu lintas aktual sesuai dengan beban yang diprediksikan dan digunakan dalam perencanaan jalan, maka umur pelayanan jalan dapat mencapai waktu sepanjang umur rencananya (*design life*). Namun, apabila beban aktual tersebut berlebihan, maka konsekuensi teknis yang terjadi adalah berkurangnya umur pelayanan jalan sehingga umur rencana jalan tidak terpenuhi.

Kondisi kerusakan jalan yang terjadi di ruas Jalan Diponegoro Klaten pada tahun 2018 dapat disimak pada Gambar 1.1 yang telah disediakan di bawah ini.



Gambar 1.1 Kenampakan Kondisi Jalan Klaten - Solo Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten pada tahun 2018

Berdasarkan latar belakang yang terjadi di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten, serta seberapa besar pengaruh yang terjadi akibat beban yang berlebih (*overload*) terhadap umur rencana jalan (*design life*) pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) di ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten, Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa besar faktor perusak dalam kendaraan

(*vehicle damage factor (VDF)*) yang diakibatkan oleh kendaraan yang mengalami beban yang berlebih (*overloading*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka dibentuk rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apa saja jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro Klaten?
2. Berapa besar nilai *vehicle damage factor (VDF)* kendaraan yang mengalami *overloading* pada ruas Jalan Diponegoro Klaten?
3. Berapa besar pengaruh *overloading* yang terjadi pada kendaraan terhadap umur rencana (*design life*) pada perkerasan lentur (*flexible pavement*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan didapatkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro Klaten.
2. Mengetahui nilai *vehicle damage factor (VDF)* kendaraan yang mengalami *overloading* pada ruas Jalan Diponegoro Klaten.
3. Mengetahui besar pengaruh *overloading* kendaraan terhadap pengurangan umur rencana perkerasan lentur.

1.4 Batasan Penelitian

Melakukan penelitian perlu adanya batasan – batasan tertentu agar penelitian bias dilakukan lebih spesifik dan tertata. Adapun batasan – batasan dari penelitian tersebut disebutkan sebagai berikut.

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *AASHTO* 1993.
2. Lokasi penelitian berada di ruas Jalan Klaten - Solo Jalan Diponegoro (*bypass*) Kabupaten Klaten tepatnya pada stasiun KM. 3 + 200 - KM. 3 + 300 yang berada pada lingkaran luar Kabupaten Klaten.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa wawancara di lapangan, data lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dikeluarkan oleh Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional, dan data pelanggaran timbangan beban kendaraan yang berlebih (*overload*).

4. Beban berlebih (*overloading*) yang dimaksud adalah jumlah beban muatan suatu kendaraan angkutan penumpang, barang, kendaraan dengan peruntukan tertentu, truk gandeng, dan truk trailer yang melebihi dari jumlah beban total yang diijinkan yang disebut dengan JBI atau kata lainnya adalah muatan sumbu terberat (MST).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini sangat diharapkan dapat memberikan kontribusi yang baik dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi dibidang ilmu pengetahuan. Manfaat - manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebagai evaluasi untuk pihak terkait untuk memperhatikan beban muatan kendaraan yang melintas di jalan raya supaya tidak menimbulkan daya rusak yang dapat menurunkan masa pelayanan ruas jalan yang dilewati kendaraan tersebut.
2. Sebagai tambahan referensi tentang analisis umur sisa perkerasan berdasarkan metode *AASHTO* 1993 dan juga dapat mengetahui seberapa besar ruas jalan ini mengalami penurunan masa pelayanan jalan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih (*Overloading*)

Savio (2016), melakukan penelitian tentang analisis beban berlebih didalam perkerasan bitumen. Lokasi penelitian bertepatan di Jalan NH 13 di India. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apa sebenarnya yang menjadi penyebab kerusakan yang paling besar dan apakah perlu ditingkatkan ketebalan perkerasan yang ada. Hasil penelitian ini mengatakan bahwa faktor penting yang menyebabkan kerusakan besar pada perkerasan adalah kelebihan beban pada gandar. Efek *overloading* pada gandar memiliki pengaruh signifikan terhadap *top-down* dan *bottom-up* kerusakan retakan dibandingkan dengan kerusakan alir. Optimalisasi yang dilakukan menggunakan metode *AASHTO* menghasilkan peningkatan ketebalan untuk perkerasan.

Prasetyo dan Mochtar (2016), melakukan penelitian tentang efek dari beban berlebih pada kendaraan berat yang didistribusikan pada gandar, tekanan ban dan ekuivalensi beban gandar. Lokasi penelitian ini bertepatan di jalan tol penting di Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mendiskusikan kondisi dari beban berlebih kendaraan berat. Hasil dari penelitian ini yaitu 1) distribusi beban gandar yang lebih tinggi untuk roda belakang dibandingkan dengan standar Bina Marga (Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia, 1987), 2) nilai *EAL* rata-rata yang lebih tinggi per jenis truk daripada nilai *EAL* rata-rata berdasarkan Bina Marga (1987) yaitu 2,2 hingga 8,3 kali lebih tinggi, 3) Tekanan ban yang lebih tinggi untuk truk-truk besar, mulai dari yang terendah adalah 130 psi hingga setinggi 185 psi, hal itu jauh lebih tinggi dari tekanan ban yang direkomendasikan yaitu 80 hingga 100 psi.

2.2 Pengaruh Beban Berlebih (*Overload*) terhadap Umur Sisa Perkerasan

Eki Afrizal (2014), melakukan penelitian tentang analisa pengaruh muatan berlebih terhadap umur rencana perkerasan jalan. Lokasi penelitian ini berada di ruas Jalan Panti – Simpang Empat. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) untuk mengetahui seberapa besar penurunan umur rencana dan sisa umur rencana jalan

2) mengetahui sumbu dan distribusi beban kendaraan. Penelitian ini memperoleh hasil penurunan umur rencana jalan selama 6,63 tahun dari umur rencana 10 tahun, dengan demikian sisa umur rencana menjadi 3,37 tahun.

Waskito Yudo Pratomo (2017) melakukan penelitian tentang analisa kerusakan dini perkerasan lentur akibat beban berlebih (*overload*) dan pengaruhnya terhadap umur sisa. Lokasi penelitian bertempat di ruas jalan Jogja – Solo tepatnya di Prambanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya kerusakan kendaraan (VDF) berdasarkan hasil perbandingan dengan skema VDF untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang ditimbulkan pada kendaraan akibat kelebihan berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salah satu kendaraan kelas VIa mengalami kerusakan di ruas jalan Jogja - Solo karena terdapat gap antara VDF yang diprediksi dengan VDF maksimum dari 117,8377% menjadi 2008,0736%. Sisa umur perkerasan pada ruas jalan raya Jogja-Solo mengalami penurunan sebesar 26,30%, sisa umur perkerasan sebesar 84,62% dan sisa perkerasan di jalan tersebut sebesar 58,35%. W_{18} pada perencanaan adalah 51.452.422.66 ESA dan W_{18} di tahun 10 adalah 65.550.232.46 ESA

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Yang Telah Dilakukan Oleh Peneliti Terdahulu

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Lokasi Penelitian
1	Savio (2016)	Analisis beban berlebih di dalam perkerasan bitumen	Mengetahui apa sebenarnya yang menjadi penyebab kerusakan yang paling besar dan apakah perlu ditingkatkan ketebalan perkerasan yang ada	AASTHO	Ruas Jalan NH 13, India
2	Prastyanto dan Mochtar (2016)	Analisis tentang efek dari beban berlebih pada kendaraan berat yang didistribusikan pada gandar, tekanan ban dan ekuivalensi beban gandar.	Mendiskusikan kondisi dari beban berlebih kendaraan berat di jalan tol penting Jawa Timur	Bina Marga (1987)	jalan tol di Jawa Timur

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Yang Telah Dilakukan Oleh Peneliti Terdahulu

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Lokasi Penelitian
3	Afrizal (2014)	Analisis pengaruh akibat muatan yang berlebih pada umur rencana perkerasan jalan	Mengetahui seberapa besar penurunan umur rencana dan sisa umur rencana jalan Dan Mengetahui sumbu dan distribusi beban kendaraan	Bina Marga, 1983	Ruas jalan Panti – Simpang Empat
4	Pratomo (2017)	Analisa kerusakan dini perkerasan lentur akibat beban berlebih (<i>overload</i>) dan pengaruhnya terhadap umur sisa.	Mengetahui besarnya nilai daya rusak suatu kendaraan (<i>VDF</i>) dan seberapa besar daya rusak kendaraan tersebut terhadap umur rencana pada perkerasan	<i>AASHTO 1993.</i>	Jogja - Solo

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tipe – Tipe Kerusakan Pada Perkerasan Lentur

Dalam membuat penilaian dan evaluasi terkait kondisi perkerasan pada jalan maka diperlukannya pengertian tentang tipe - tipe kerusakan yang terjadi pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan tingkat kerusakannya. Berikut ini adalah jenis – jenis kerusakan berserta dengan identifikasi tingkat kerusakan pada tiap – tiap jenis kerusakan.

3.1.1 Alligator Crack (Retak Kulit Buaya)

Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) menjelaskan mengenai definisi dari retak kulit buaya yaitu retak dengan lebar celah retak lebih atau sama dengan 3 mm serta saling terkait sehingga membentuk serangkaian motif kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Selain menjelaskan mengenai pengertian retak kulit buaya (*alligator cracking*). Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) juga menjelaskan penyebab *Alligator cracking* adalah kondisi dimana permukaan aspal menerima beban lalu lintas yang disebabkan oleh kendaraan secara berulang-ulang mengalami kegagalan sehingga hal itu membuat retakan yang terjadi hanya di sebagian atau tempat-tempat tertentu pada permukaan perkerasan jalan dan tidak menyebar ke seluruh area permukaan perkerasan jalan. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *alligator cracking* yang kemudian diuraikan dalam Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Tingkatan *Alligator Cracking*

Tingkatan Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Jaringan serta pola yang kontinyu, menyebabkan pecahan-pecahan ditemukan dengan mudah, area paling tepi kerusakan mengalami pecah lalu terlepas dari lapis perkerasan
M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti retak ringan
L	Halus, retak lembut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak pecah

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.2 Kegemukan (*Bleeding*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) kegemukan merupakan kondisi saat aspal mengalami perpindahan material aspal ke arah atas permukaan perkerasan hal tersebut dapat disebabkan oleh pemakaian kadar bahan aspal yang terlalu banyak dan melebihi batas. Permukaan perkerasan yang mengalami kegemukan biasanya akan memiliki kondisi dimana aspal menjadi licin dan material aspal yang mengalami perpindahan tersebut bisa melekat pada roda yang ada di kendaraan pada saat kondisi tertentu. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan kegemukan (*bleeding*) yang kemudian diuraikan dalam Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Tingkatan *Bleeding*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun
M	Kegemukan telah menyebabkan aspal melekat pada roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun
L	Terjadi hanya beberapa hari di dalam satu tahun dan hanya dapat dilihat pada saat derajat rendah.

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.3 Retak Blok (*Block Cracking*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) Retak blok merupakan retakan yang saling terkoneksi sehingga membentuk beberapa bagian persegi yang mempunyai ukuran sisi blok mulai dari 0,2 m sampai 3 m. Retak blok juga diakibatkan oleh variasi suhu yang berubah-ubah dan tidak menentu sehingga mengalami penyusutan aspal. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan retak blok (*block cracking*) yang kemudian diuraikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Tingkatan *Block Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Retak dengan kadar kerusakan yang tinggi
M	Retak dengan kadar kerusakan yang sedang
L	Retak dengan kadar kerusakan yang rendah

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.4 Benjol dan Turun (*Bumps and Sags*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) Benjol adalah gerakan atau perpindahan ke atas bersifat lokal dan kecil dari permukaan perkerasan aspal, sedangkan *sags* ialah penurunan berukuran kecil dari permukaan perkerasan. Kerusakan *bumps dan sag* tidak sama dengan kerusakan sungkur karena

kerusakan sengkuk diakibatkan oleh perkerasan yang tidak stabil. Jika benjolan mempunyai pola tegak lurus arah lalu lintas dan berjarak satu sama lain kurang dari 3m maka kerusakannya berupa gelombang. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *bumps and sags* yang kemudian diuraikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Tingkatan *Bumps and Sags*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Banyak terjadi gangguan kenyamanan pada kendaraan
M	Agak banyak terjadi gangguan kenyamanan pada kendaraan
L	Sedikit terjadi gangguan kenyamanan pada kendaraan

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.5 Keriting (*Corrugation*)

Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) mengatakan *Corrugation* terjadi karena suatu daerah banyak mengalami tegangan horizontal tinggi, dimana lalu lintas di daerah bukit mulai bergerak dan berhenti ketika terjadi pengurangan kecepatan pada kendaraan dan di suatu daerah yang memiliki belokan tajam dan jalan yang menukik turun. *Corrugation* memiliki wujud layaknya gelombang yang membentang pada perkerasan jalan dan bisa terjadi di dalam jarak yang relatif konsisten dalam jangka panjang dan memiliki kadar kerusakan kurang dari 3m di sepanjang permukaan perkerasan. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *corrugation* yang dijabarkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Tingkatan *Corrugation*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Banyak terjadi gangguan pada kenyamanan berkendara
M	Agak banyak terjadi gangguan pada kenyamanan berkendara
L	Sedikit terjadi gangguan pada kenyamanan berkendara

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.6 Ambles (*Depression*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) definisi ambles ialah sebuah kondisi dimana terjadi turunnya perkerasan jalan yang melanda area terbatas sehingga memberikan dampak selanjutnya yaitu munculnya retakan pada permukaan perkerasan jalan. Ambles bisa dilihat dengan munculnya genangan air di lapisan permukaan perkerasan jalan sehingga dapat membahayakan kendaraan yang melewati permukaan jalan tersebut. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan ambles (*depression*) yang dijabarkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Tingkatan *Depression*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Ambles memiliki kedalaman penurunan lebih dari 2 inci atau 51 mm
M	Ambles memiliki kedalaman penurunan maksimum 1 – 2 inci (25 – 51 mm)
L	Ambles memiliki kedalaman penurunan maksimum $\frac{1}{2}$ - 1 inci. (13 – 25 mm)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.7 Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) Retak pinggir seringkali terjadi sejajar dengan pinggir perkerasan jalan dengan jarak 0,3 - 0,6 m dari

pinggir jalan. Hal tersebut mengakibatkan pecah yang berada di pinggir perkerasan menjadi tidak beraturan. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan Retak Pinggir (*edge cracking*) dijabarkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Tingkatan *Edge Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Retak Banyak dengan banyak ditemukannya pecahan atau butiran yang lepas di sepanjang tepi perkerasan
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas
L	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.8 Retak Reflektif Sambungan (*Joint Reflection Cracking*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) kerusakan tersebut pada dasarnya terjadi ketika material perkerasan lentur dihamparkan di atas permukaan perkerasan kaku atau beton yang terdiri dari semen *portland*. Retakan tersebut biasanya muncul pada lapis tambahan aspal yang sering disebut dengan *overlay* yang pola retakannya hampir sama dengan retakan yang terjadi pada perkerasan aspal yang terdahulu yang letaknya berada di bawahnya. Retakan ini juga terjadi pada lapis tambahan dalam perkerasan aspal yang memiliki keadaan dimana lapisan perkerasan lama masih belum sempurna diperbaiki. Pola retak bisa membentuk blok, arah memanjang, arah melintang, dan ke arah diagonal. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan retak reflektif sambungan (*joint reflection cracking*) yang dijabarkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Tingkatan *Joint Reflection Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Terjadi ketika memenuhi salah satu dari beberapa keadaan di bawah ini. 1. Sembarang retak terisi atau tidak terisi dikelilingi dengan adanya retak yang tidak beraturan, dan memiliki tingkat kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak tidak terisi memiliki ukuran lebih dari 3 in. (76 mm) 3. Retak sembarang memiliki lebar beberapa inci di sekitar retakan terjadi, Ketika retakan masuk ke kategori berat akan terjadi pecah
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak terisi, lebar $< \frac{3}{8}$ - 3 in. (10 – 76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in (76 mm) di kelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi acak ringan
L	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak terisi, lebar $< \frac{3}{8}$ in. (10 mm)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.9 Jalur/Bahu Turun (*Lane/Shoulder Drop - Off*)

Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) memberikan definisi kerusakan jalur/bahu turun merupakan perbedaan tingkat elevasi yang terjadi antara pinggir perkerasan dengan bahu jalan, sebenarnya hal tersebut tidak terlalu dipertimbangkan bila selisih tinggi antara bahu dan perkerasan kurang dari 10 sampai dengan 15 mm. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *lane/shoulder drop-off* yang dijabarkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Tingkatan *Lane/Shoulder Drop - Off*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Selisih perbedaan elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan lebih dari 4 in. (102 mm)
M	Selisih perbedaan elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan lebih dari 2-4 in. (51-102 mm)
L	Selisih perbedaan elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan maksimum 1-2 in. (25-51 mm)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.10 Retak Melintang (*Transverse Cracking*)

Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) mengatakan retak melintang merupakan retakan tunggal yang melintang pada perkerasan jalan. Temperatur atau lalu lintas menimbulkan tegangan yang melampaui kuat tarik atau regangan yang terjadi karena kelelahan dari campuran aspal padat dapat menyebabkan kerusakan retak melintang pada jalan tersebut. Retak melintang berkembang pada interval jarak yang lebih pendek nampak sebagai retak lembut dan lama kelamaan semakin lebar dengan berjalannya waktu. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *longitudinal and transverse cracking* yang dijabarkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Tingkatan *Longitudinal and Transverse Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi 2. Retak tak terisi > 3 in. (76 mm) retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak berisi, lebar $\frac{3}{8}$ - 3 in. (10 – 76 mm) 2. Retak tak berisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak agak acak
L	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak berisi, lebar < $\frac{3}{8}$ in. (10 mm), atau 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.11 Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) tambalan (*patch*) adalah penutupan bagian perkerasan yang perlu diperbaiki. Kerusakan tambalan dapat diikuti/tidak dengan hilangnya kenyamanan kendaraan atau rusaknya struktur

perkerasan. Kerusakan tambalan dapat terjadi karena tingkat elevasi permukaan yang tidak rata seperti menonjol atau ambles terhadap permukaan perkerasan awal. Jika kerusakan terjadi pada tambalan, belum tentu disebabkan oleh lapisan yang masih utuh. Hal tersebut dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerusakan *patching and utility cut patching* yang dijabarkan pada Tabel 3.11.

Tabel 3. 11 Tingkatan *Patching and Utility Cut Patching*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Tambalan sangat rusak dan/ atau kenyamanan kendaraan sangat terganggu
M	Tambalan sedikit rusak dan/ atau kenyamanan kendaraan agak terganggu
L	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.12 Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Agregat licin adalah tingkatan licin permukaan pada bagian atas perkerasan, akibat rendahnya tingkat keausan agregat di permukaan. Kecenderungan perkerasan menjadi licin dapat terpengaruh oleh sifat geologi dan tingkat agregat. Akibat pelicinan agregat oleh lalu lintas, aspal pengikat awal akan rendah bahkan hilang dan permukaan jalan menjadi licin terutama sesudah hujan hingga membahayakan kendaraan. Hal ini dapat diidentifikasi tingkat kerusakan *polished aggregate* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 12 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Polished Aggregate*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
	Tidak ada definisi derajat kerusakan. Tetapi, derajat kelicinan harus nampak signifikan sebelum dilibatkan dalam survei kondisi jalan dan dinilai sebagai kerusakan

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.13 Lubang (*Potholes*)

Lubang adalah lengkungan permukaan perkerasan akibat hilangnya lapisan aus dan material lapis dasar. Kerusakan membentuk lubang kecil yang berdiameter kurang dari 0,9 m dan berbentuk mangkok yang dapat dihubungkan atau tidak dengan kerusakan permukaan lainnya. Lubang bisa terjadi akibat galian utilitas atau tambalan di area perkerasan yang telah ada. Hal tersebut dapat diidentifikasi tingkat kerusakan *potholes* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) yang dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Potholes*

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	4-8 in (102-203 mm)	8-18 in (203-457 mm)	18-30 in (457-762 mm)
$\frac{1}{2}$ - 1 in (12,7 – 25,4 mm)	L	L	M
> 1-2 in (25,4-50,8 mm)	L	M	H
> 2 in (> 50,8 mm)	M	M	H

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

Keterangan sebagai berikut:

L = Belum diperlukan perbaikan

M = Penambalan secara parsial/sebagian atau seluruh kedalaman

H = Penambalan harus dilakukan pada seluruh kedalaman

3.1.14 Persilangan Jalan Rel (*Railroad Crossing*)

Kerusakan pada persilangan berupa ambles atau benjolan di sekitar bahkan antara lintasan rel. Hal ini dapat diidentifikasi tingkat kerusakan *railroad crossing* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.14.

Tabel 3. 14 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Railroad Crossing*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Persilangan jalan rel menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan
M	Persilangan jalan rel menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan
L	Persilangan jalan rel menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.15 Alur (*Rutting*)

Alur adalah deformasi tingkat permukaan perkerasan aspal dalam bentuk turunnya perkerasan memanjang yang sejajar pada lintasan roda kendaraan. Distorsi permukaan jalan yang membentuk alur-alur terjadi oleh beban lalu lintas yang selalu dilewati pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Gerakan ke atas perkerasan dapat timbul di sepanjang pinggir alur. Hal ini dapat diidentifikasi sebagai tingkat kerusakan *rutting* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3. 15 Identifikasi Tingkat Kerusakan alur (*Rutting*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Kedalaman alur rata - rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in (6 - 13 mm)
M	Kedalaman alur rata - rata $\frac{1}{2}$ - 1 in (13 - 25,5 mm)
L	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in (6-13 mm)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.16 Sungkur (*Shoving*)

Sungkur merupakan perpindahan permanen secara lokal lalu memanjang dari permukaan perkerasan akibat beban lalu - lintas. Ketika beban lalu - lintas mendorong perkerasan, maka akan timbul gelombang pendek dipermukaannya secara mendadak. Identifikasi tingkat kerusakan *shoving* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.16.

Tabel 3. 16 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Shoving*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Sungkur menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan
M	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan pada kendaraan
L	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan pada kendaraan

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.17 Retak Selip (*Slippage Cracking*)

Retak selip atau retak berbentuk bulan sabit terjadi karena gaya-gaya horizontal yang berasal dari kendaraan yang melintas. Retak ini diakibatkan oleh kurangnya ikatan antar lapisan permukaan dan lapisan di bawahnya, sehingga terjadi penggelinciran. Jarak retakan sering berdekatan bahkan berkelompok secara paralel. Identifikasi tingkat kerusakan *slippage cracking* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.17.

Tabel 3. 17 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Slippage Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata - rata $> \frac{1}{2}$ in (38 mm) 2. Area di sekitar retakan pecah, pecah ke dalam pecahan - pecahan mudah terbongkar
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata - rata $\frac{3}{8}$ - 1,5 in (10 - 38 mm) 2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahan terikat
L	Retak rata - rata lebar $< \frac{3}{8}$ in (10 mm)

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.18 Mengembang (*Swell*)

Mengembang merupakan gerakan ke atas secara lokal dari perkerasan disebabkan oleh pengembangan dari tanah-tanah atau dari bagian struktur perkerasan. Perkerasan yang naik ini terjadi tanah dasar yang mengembang ini

dapat menyebabkan retaknya permukaan aspal. Hal ini dapat diidentifikasi tingkat kerusakan *swell* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.18.

Tabel 3. 18 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Swell*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
H	Pengembangan menyebabkan gangguan besar kenyamanan pada Kendaraan.
M	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan pada Kendaraan.
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan pada kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berkendara cepat. Gerakan ke atas terjadi apabila ada pengembangan pada perkerasan jalan.

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

3.1.19 Pelapukan dan Butiran Lepas (*Weathering and Raveling*)

Pelapukan dan butiran lepas (*raveling*) adalah tidak terhubungannya permukaan perkerasan aspal melalui pelepasan partikel agregat yang berkelanjutan, berawal saat permukaan perkerasan menuju ke bawah atau dari pinggir menuju dalam. Butiran agregat berangsur-angsur lepas dari permukaan perkerasan, akibat lemahnya pengikat antara partikel agregat. Hal ini dapat diidentifikasi tingkat kerusakan *weathering and raveling* menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3. 19 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Weathering and Raveling*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
L	Agregat pengikat mulai lepas. Di beberapa tempat, permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli; genangan oli dapat ditembus mata uang logam
M*	Agregat pengikat telah lepas. Tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, dan dapat ditembus mata uang logam

(Sumber: Shahin, 1994 dalam Hardiyatmo, 2007)

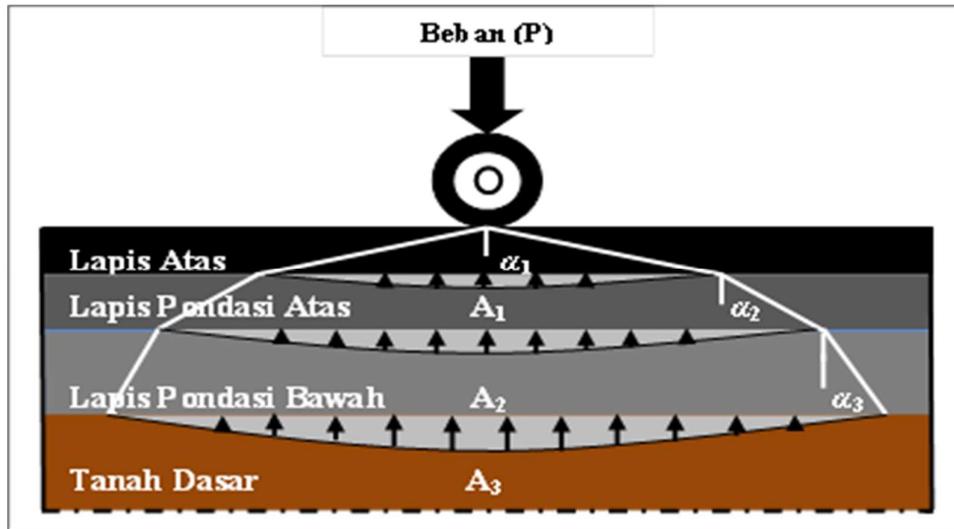
dengan keterangan:

*Bila lokal, yaitu akibat tumpahan oli, maka ditambal secara parsial

3.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) merupakan perkerasan dimana aspal digunakan sebagai bahan pengikat. Tiap-tiap lapis perkerasannya memiliki sifat yang memikul dan juga menyebarkan beban lalu-lintas yang diakibatkan kendaraan. Perancangan perkerasan lentur didasarkan dari pengalaman lapangan dan juga teori elastis. Teori elastis digunakan sebagai penganalisis regangan dalam setiap lapisan sehingga tidak menyebabkan terjadinya defleksi permanen. Perkerasan lentur dirancang untuk dapat melendut dan juga bisa kembali lagi ke dalam keadaan awal bersamaan dengan tanah dasar ketika menerima beban yang diberikan oleh kendaraan. Sukirman dalam bukunya (Sukirman, 1999) menjelaskan maskut dari perkerasan lentur yaitu adanya campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi (*filler*), dan aspal yang selanjutnya disebarkan kemudian dipadatkan.

Berdasarkan konsep mengenai perkerasan lentur, perkerasan ini dapat melendut atau melentur jika perkerasan tersebut dibebani. Hal ini disebabkan oleh adanya sifat yang dimiliki perkerasan lentur yaitu penyebaran gaya sehingga beban yang ditahan oleh setiap lapisan berbeda-beda, akibatnya semakin meunju ke lapisan di bawahnya gaya yang akan diterima dan membebani di masing-masing lapisan akan semakin kecil. Lapis permukaan diharuskan untuk bisa menerima semua jenis gaya dan beban yang disebabkan oleh kendaraan pada lapis perkerasan tersebut, sehingga yang terjadi adalah lapisan pada pondasi bagian atas akan mterbebani gaya vertikal beserta getaran, tetapi tanah dasar akan terbebani gaya dengan arah vertikal saja. Hal ini sesuai dengan apa yang dijelaskan dalam bukunya dan akan diuraikan pada Gambar 3.1 (Sukirman, 1999).



Gambar 3. 1 Distribusi Beban Dari Roda Kendaraan menuju Perkerasan

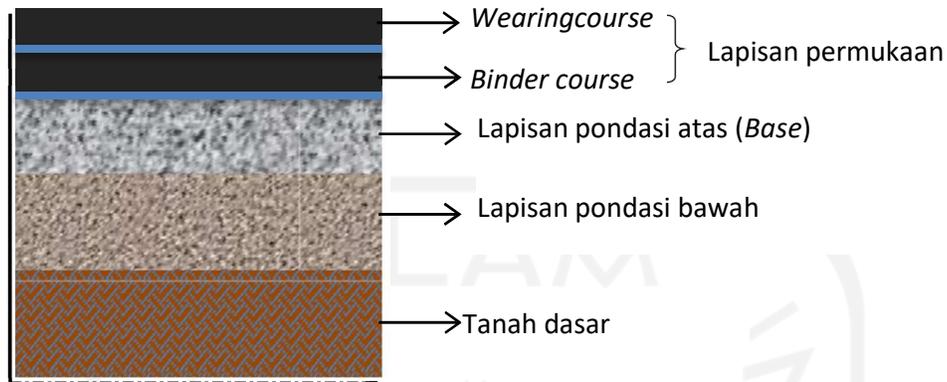
Sumber: Wiryanto (2011)

Berdasarkan dari Gambar 3.1, dapat ditarik pengertian bahwasannya kerusakan yang paling sering dialami di lapangan adalah mengenai kerusakan pada bagian lapis atas perkerasan, beban yang terlalu berat diderita oleh lapis perkerasan tersebut sehingga kerusakan terjadi.

3.2.1 Jenis Lapisan Pada Perkerasan Lentur

Dalam tujuan untuk memperoleh kekuatan daya dukung pada struktur perkerasan yang baik serta juga ekonomis, struktur pada perkerasan sengaja dibentuk memiliki banyak lapisan dengan mengacu pada besaran beban yang akan dipikul yang berawal dari roda kendaraan hingga pada akhirnya akan sampai ke tanah dasar. Tiap-tiap lapisan pada struktur perkerasan memiliki fungsi yang berbeda-beda pula. Masing-masing lapisan diharuskan dapat menyebarkan beban dengan merata dari atas hingga ke bawah dengan baik, apabila terdapat satu lapisan yang tidak bisa menjalankan fungsinya yaitu menyebarkan beban dengan baik akan berakibat rusaknya lapisan yang lain yang berada di bawahnya. Dalam lapisan permukaan yaitu lapisan yang terletak paling atas terdiri dari dua lapisan, yaitu: lapisan *wearing course*, lalu selanjutnya adalah lapisan *binder course*, kemudian lapisan pondasi bagian atas (*base course*), lapisan pondasi bagian bawah (*sub base*), serta yang terakhir adalah tanah dasar (*subgrade*). (Sukirman, 1999). Penjelasan

mengenai lapisan perkerasan lentur diuraikan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Gambar Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

sumber : Romadhona (2014)

1. Menurut Sukirman (1999), Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan terletak paling atas. Mempunyai fungsi sebagai berikut:
 - a. Berfungsi sebagai pelapis tahan air atau kedap air, menyebabkan air yang bersumber dari hujan yang jatuh di atas permukaan tersebut akan tertahan dan tidak dapat meresap dan masuk ke lapisan bawahnya sehingga tidak terjadi melemahnya lapisan-lapisan lain yang berada di bawahnya tersebut.
 - b. Lapisan perkerasan menahan segala jenis beban yang roda kendaraan berikan, lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
 - c. Berfungsi menjadi lapisan aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan yang menyebabkan lapisan tersebut mudah menjadi aus.
 - d. Bagian lapisan yang berfungsi untuk menyebarkan beban ke bagian lapis bawah yang menyebabkan dipikulnya lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek. Lapis permukaan tersebut dapat dibagi kembali menjadi menjadi dua lapisan lagi, yang diuraikan di bawah ini:
 - 1) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) adalah bagian dari lapisan permukaan yang berada di atas lapis antara (*binder course*). Lapi aus mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a) Melindungi perkerasan oleh pengaruh air.
- b) Menyediakan permukaan yang halus dan kesat.

2) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) adalah bagian dari lapis permukaan yang berada diantara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Lapis antara mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a) Mengurangi tegangan yang terjadi akibat beban roda kendaraan.
- b) Menerima dan menahan beban yang paling tinggi yang disebabkan oleh beban roda kendaraan yang lalu lalang terus menerus sehingga harus mempunyai daya dukung dan kekuatan yang baik.

2. Lapisan pondasi bagian atas (*Base Course*).

Lapis pondasi bagian atas merupakan salah satu bagian dari perkerasan lentur pertama yang berada di bawah lapisan beton aspal jadi lapisan ini bersentuhan langsung dengan beton aspal dan berada di antara lapisan pondasi bagian bawah dengan lapisan permukaan. Lapisan pondasi bagian atas mempunyai fungsi yang dipaparkan di bawah ini.

- a. Menjadi lapisan pendukung pertama untuk lapisan permukaan.
- b. Menjadi salah satu bagian dari perkerasan yang berfungsi menahan beban yang terjadi akibat beban roda kemudian meneruskannya menuju lapisan yang berada di bawahnya.
- c. Menjadi lapisan untuk peresapan bagi pondasi bagian bawah.
- d. Menjadi bantalan atau landasan bagi lapisan permukaan dan juga sebagai pemikul atau penahan beban yang berbentuk gaya horizontal dan juga vertikal.

3. Lapisan pondasi bagian bawah (*Subbase*)

Lapis pondasi bagian bawah merupakan salah satu bagian dari struktur yang dimana lapisan tersebut tidak bersentuhan langsung dengan aspal namun bersentuhan langsung dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Lapisan perkerasan ini berada di antara lapisan pondasi bagian atas dengan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah mempunyai fungsi yang dipaparkan di bawah ini.

- a. Lapisan pondasi bagian bawah menjadi salah satu bagian dari konstruksi

perkerasan yang berfungsi menahan beban yang terjadi akibat roda kendaraan kemudian meneruskan dan menyebarkannya menuju lapisan yang berada di bawahnya yaitu tanah dasar.

- b. Berfungsi untuk membuat lapisan di atasnya yang relative lebih mahal menjadi lebih tipis agar biaya yang dikeluarkan untuk membuat perkerasan tersebut menjadi lebih ekonomis.
 - c. Material pada di lapisan pondasi bagian bawah seringkali mempunyai biaya yang lebih murah dari pada lapisan lapisan lain sehingga tingkat ketebalan lapis pondasi bawah dapat memberikan efek efisiensi penggunaan material dan juga ekonomi.
 - d. Menjadi lapisan yang berfungsi sebagai pencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis atas sehingga mengganggu fungsi lapisan lain.
 - e. Menjadi lapisan peresapan yang mencegah air tanah tidak mengumpul di pondasi maupun di tanah dasar.
 - f. Menjadi lapisan pertama setelah tanah dasar agar pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan dapat berjalan lancar.
4. Tanah dasar (*Subgrade*)

Beban akibat kendaraan yang dibebankan kepada seluruh lapisan perkerasan jalan selanjutnya diteruskan diterima oleh tanah dasar (*subgrade*). Sifat – sifat, kualitas, dan daya dukung tanah dasar (*subgrade*) sangat mempengaruhi kekuatan, keawetan, dan tingkat tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan tersebut.

(Sukirman, 1999) mengatakan tanah dasar (*subgrade*) merupakan permukaan tanah semula atau tanah asli, atau bisa juga permukaan tanah timbunan atau permukaan tanah galian yang kemudian dipadatkan. Tanah dasar (*subgrade*) merupakan permukaan tanah yang digunakan sebagai dasar perletakan dari tiap – tiap bagian dari konstruksi perkerasan jalan. Pemadatan yang bagus bisa diperoleh jika saat dilakukannya pada saat kadar air tanah tersebut konstan selama umur rencana serta saat kadar air optimum. Hal ini memungkinkan untuk dicapai dengan tersedianya perlengkapan dan sistem drainase yang memenuhi syarat.

3.3 AASHTO 1993

Metode yang sering digunakan untuk evaluasi perkerasan jalan salah satunya adalah *AASHTO* (1993) yaitu *American Association of State High way and Transportation Officials guide for design of pavement structure* (1993). Dasar yang dibutuhkan pada pembuatan perencanaan jalan menggunakan metode *AASHTO* (1993) adalah :

1. Analisis lalu lintas

Hal-hal yang meliputi pertumbuhan lalu lintas, umur rencana, lalu lintas harian rata-rata dan distribusi lajur adalah yang dimaksud dengan analisis lalu lintas. Ketika data sudah didapatkan maka langkah selanjutnya adalah memproses data tersebut agar bisa mendapatkan nilai *cumulative equivalent single axle* atau *CESA* yang mempunyai satuan *equivalent single axle loads* atau *ESAL* yang digunakan untuk menentukan tebal tiap-tiap lapis perkerasan beton aspal yang akan berfungsi untuk menahan beban lalu lintas yang ada pada ruas jalan tertentu agar umur rencana dapat berlangsung dengan optimal.

2. *Equivalency factor* (E)

Angka ekivalen adalah angka perbandingan antara nilai tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh lintasan kendaraan bersumbu tunggal atau ganda dengan nilai tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh satu lintasan kendaraan sumbu tunggal standar dengan beban 18 kips atau jika dikonversikan yaitu 8,16 ton.

3. Nilai indeks kemampuan pelayan akhir (*terminal serviceability index*) (Pt)

AASHTO (1993) dalam bukunya mengatakan bahwa batas kemampuan pelayanan akhir atau Pt ditentukan dari jajak pendapat yang berisi sejauh mana tingkat kerusakan suatu perkerasan masih dapat diterima. Isi daripada jajak pendapat tersebut yang dicantumkan dalam *AASHTO* (1993) antara lain mengenai pedoman nilai minimum batas kemampuan pelayanan akhir atau Pt yang diuraikan seperti di bawah ini.

- a. Jalan yang berfungsi sebagai jalan raya utama mempunyai Pt = 2.5 atau 3.
- b. Jalan yang berfungsi sebagai jalan raya namun dengan tingkat lalu lintas yang lebih rendah mempunyai Pt = 2.0.

Berikut ini adalah rekapitulasi survey jaja pendapat indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt) yang sudah dilakukan dan tercantum dalam *AASHTO* (1993) yang diuraikan pada Tabel 3.20.

Tabel 3. 20 Survei Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

Pt	Orang Beropini Tidak Setuju (dalam persen)
3.0	12
2.5	55
2.0	85

Sumber: AASHTO 1993

Dari Tabel 3.20 di atas maka orang – orang berpendapat bahwa 3,0 adalah batas indeks pelayanan akhir yang terbaik untuk suatu ruas jalan tertentu.

4. Indeks kemampuan pelayanan awal (*initial serviceability*) (Po).

Hal-hal yang mempengaruhi nilai indeks kemampuan pelayanan awal yang disebut Po antara lain tingkat kerataan atau kehalusan suatu perkerasan pada saat awal pembuatan perkerasan jalan tersebut, sedangkan nilai indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt) sangat dipengaruhi oleh tidak rata atau kerusakan jalan yang telah digunakan untuk melayani beban lalu lintas yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi. Nilai indeks kemampuan pelayanan awal (Po) yang tercantum dalam *AASHTO* (1993) dapat dilihat pada uraian di bawah ini.

- a. Pada perkerasan kaku atau beton mempunyai $Po = 4.5$.
- b. Sedangkan untuk perkerasan lentur atau aspal mempunyai $Po = 4.2$.

Nilai-nilai tersebut di atas masih bisa berubah berdasarkan pada pengaruh metode pembangunan, kondisi alam setempat, dan standar yang digunakan.

5. Desain Lalu Lintas (*Traffic design*)

Dasar dan data lalu lintas yang dibutuhkan untuk suatu proses pembuatan perencanaan tebal perkerasan dapat diruaikan di bawah ini.

- a. Klasifikasi macam-macam kendaraan.
- b. Volume lalu lintas kendaraan rata-rata harian
- c. Laju pertumbuhan lalu lintas kendaraan pada tiap tahunnya.
- d. Faktor daya rusak sautu kendaraan *Vehicle Damage factor (VDF)*

- e. Penentuan umur rencana suatu perkerasan jalan.
- f. Angka koefisien distribusi jalur jalan.
- g. Angka koefisien distribusi lajur jalan jalan.
- h. (CESA) W_{18} yang didapatkan selama umur rencana perkerasan.

Angka koefisien distribusi jalur jalan yaitu D_D tercantum dalam *AASHTO* (1993) ialah berkisar diangka 0,3 – 0,7 umumnya untuk nilai penetapan diambil pada pertengahan angka koefisien yaitu 0,5 hal ini berbeda pada angka koefisien distribusi lajur yaitu D_L tercantum di dalam tabel *AASHTO* (1993) yang diuraikan pada pada Tabel 3.21.

Tabel 3. 21 Angka Koefisien Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	DL
1 lajur	100 %
2 lajur	80 – 100 %
3 lajur	60 – 80 %
4 lajur	50 – 75 %

Sumber : *AASHTO* (1993)

Desain lalu lintas (*Traffic design*) yang berupa *equivalent single axle* yaitu (*ESA*) yang disibolkan dengan W_{18} dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 yang berada di bawah ini.

$$W_{18} = \sum_{N_i}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \quad (3.1)$$

Dengan :

W_{18} = *Traffic design* pada lajur lalu lintas dalam satuan *equivalent single Axle Loads (ESAL)*,

LHR_j = Jumlah lalu lintas kendaraan rata – rata harian semua jenis kendaraan untuk dua arah

VDF_j = Faktor daya rusak kendaraan (*VDF*) untuk kendaraan.

D_D = Angka koefisien distribusi jalur,

D_L = Angka koefisien distribusi lajur,

N_n = Lalu lintas pada tahun akhir umur rencana jalan, dan

N_i = Lalu lintas pada tahun pertama dibukanya jalan.

6. Kemampuan pelayanan (*serviceability*)

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Untuk *serviceability* ini parameter utama yang dipertimbangkan adalah nilai *Present Serviceability Index (PSI)*. Nilai *serviceability* ini merupakan nilai yang menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan. Secara numerik *serviceability* ini merupakan fungsi dari beberapa parameter antara lain ketidakrataan, jumlah lubang, luas tambalan, dll.

Rekomendasi Nilai indeks kemampuan pelayanan awal (P_o) untuk perkerasan lentur yang tercantum dalam *AASHTO* (1993) ialah 4,2. Nilai indeks kemampuan pelayanan akhir (P_t) pada tiap - tiap tipe dan fungsi jalan yang tercantum dalam *AASHTO* (1993) diuraikan pada Tabel 3.22.

Tabel 3. 22 Nilai Indeks Pelayanan Akhir (P_t)

Jenis jalan	P_t
Jalan raya dengan fungsi utama	2.5
Jalan raya dengan tingkat lalu lintas rendah	2.0

Sumber : *AASHTO* (1993)

Untuk mendapatkan pengurangan tingkat pelayanan total (*total loss of serviceability*) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 yang diruaikan di bawah ini.

$$\Delta PSI = (P_t) - (P_o) \quad (3.2)$$

dengan :

ΔPSI = Kemampuan pelayanan total,

P_o = Nilai indeks kemampuan pelayanan awal, dan

P_t = Nilai indeks kemampuan pelayanan akhir.

7. Reliabilitas dan Standar Deviasi Normal

Reliabilitas (R) menyatakan tingkat kemungkinan bahwa perkerasan yang dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan. Nilai *reliabilitas* yang tercatat berkisar antara 50% sampai 99,99%. *AASHTO* (1993) menyatakan *reliabilitas* adalah tingkat kehandalan suatu desain perkerasan untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran - besaran nilai parameter

rancangan yang dipakai oleh karena itu jika nilai *reliabilitas* semakin tinggi, maka semakin tinggi pula kemungkinan terjadi selisih antara hasil perancangan dan kenyataan yang dialami. Nilai *reliabilitas* (R) dan standar deviasi normal (Z_r) tercantum dalam *AASHTO* (1993) yang diuraikan dalam Tabel 3.23 dan Tabel 3.24 di bawah ini.

Tabel 3. 23 Nilai *Reliabilitas*

Klasifikasi jalan	R	
	Perkotaan	Pedesaan
Jalan tol	85 – 99.9 %	80 – 99.9 %
Arteri	80 – 99 %	75 – 95 %
Kolektor	80 – 95 %	75 – 95 %
Lokal	50 – 80 %	50 – 80 %

Sumber : *AASHTO* (1993)

Dari Tabel 3.23 di atas dapat dilihat bahwa nilai reliabilitas di daerah perkotaan lebih besar dari pada di luar daerah perkotaan.

Tabel 3. 24 Hubungan antara R dan Z_r

R (%)	Z_R	R (%)	Z_R
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Sumber : *AASHTO* (1993)

8. *Structural Number (SN)*

Hardiyatmo (2015) dalam bukunya mengatakan angka struktural (*structural number*) merupakan angka indeks yang didapatkan dari hasil analisis lalu lintas kendaraan, kondisi tanah dasar di bawah perkerasan jalan, dan juga faktor regional daerah tersebut. Angka struktural (*SN*) adalah angka yang digunakan untuk membuat perencanaan tebal lapisan perkerasan tiap - tiap

lapisan yang akan dimiliki oleh suatu perkerasan jalan. Angka struktural dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3 dibawah ini.

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3 \quad (3.3)$$

Dengan :

SN = Angka structural,

D_1 = Tebal perkerasan lapisan permukaan,

D_2 = Tebal perkerasan lapisan pondasi bagian atas,

D_3 = Tebal perkerasan lapisan pondasi bagian bawah,

m_2 = Angka koefisien drainase pada lapisan perkerasan pondasi bagian atas

m_3 = Angka koefisien drainase pada lapisan perkerasan pondasi bagian bawah

a_1 = Angka koefisien untuk jenis bahan pada lapisan perkerasan permukaan

a_2 = Angka koefisien untuk jenis bahan pada lapisan perkerasan pondasi bagian atas

a_3 = Angka koefisien untuk jenis bahan pada lapisan perkerasan pondasi bagian bawah

9. Koefisien lapisan (*layer coefficient*)

Koefisien lapisan (a_i) menyatakan hubungan empiris antara *Structural Number* (SN) untuk suatu struktur perkerasan tertentu dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material tertentu agar berfungsi sebagai suatu komponen struktural dari perkerasannya (Yoder dan Witczak, 1975). *AASTHO* (1993) mengusulkan koefisien lapisan seperti pada Tabel 3.25 di bawah ini.

Tabel 3. 25 Angka Koefisien Lapisan

Koefisien lapisan			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0.40			733			Aspal Beton (LasTon)
0.35			590			
0.32			454			
0.30			340			
0.35			744			Lasbutag
0.31			590			
0.28			454			HRA
0.26			340			Aspal macadam
0.25						Lapen (mekanis)
0.20						Lapen (manual)
	0.28		590			
	0.26		454			Aspal Beton atas
	0.24		340			
	0.23					Lapen (mekanis)
	0.19					Lapten (manual)
	0.15			22		Stabilisasi tanah - semen
	0.13			18		
	0.15			22		Stabilitas tanah - kapur
	0.13			18		
	0.14				100	Batu pecah (kelas A)
	0,13				80	Batu pecah (kelas B)
	0,12				60	Batu pecah (kelas C)
		0,13			70	Sirtu/pitrun (kelas A)
		0,12			50	Sirtu/pitrun (kelas B)
		0,11			30	Sirtu/pitrun (kelas C)
		0,10			20	Tanah/lempung berpasir

Catatan : kuat tekan stabilisasi tanah-semen diuji pada hari ke - 7. Kuat tekan tanah kapur pada hari ke - 21.

Sumber : Bina Marga (1987)

10. Angka Koefisien Drainase

Keberadaan air dapat mempengaruhi kinerja pekerasan yaitu mengurangi kekuatan tanah dasar dan lapis pondasi bawah. Maksud diberikannya koefisien

drainase adalah untuk memperhitungkan kinerja perkerasan karena sistem drainase yang kurang baik. Nilai koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 3.26 sebagai berikut.

Tabel 3. 26 Angka Koefisien Drainase

Tingkat Kualitas drainase	Waktu suatu struktur perkerasan saat terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P) dalam persen			
	< 1%	1 – 5 %	4 – 25 %	> 25%
Sempurna	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Baik	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Sedang	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Buruk	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Sangat buruk	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Sumber : *AASHTO* (1993)

Penentuan koefisien drainase (C_d) bergantung pada kualitas drainase dan persen waktu struktur perkerasan terkena air. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kualitas drainase antara lain.

- Air hujan atau air yang berada di atas permukaan jalan yang akan masuk ke dalam pondasi jalan.
- Air yang memiliki kemungkinan masuk ke dalam pondasi perkerasan jalan serta muka air tanah tinggi yang berada di bawah tanah dasar.
- Pendekatan dengan memperhitungkan lama frekuensi hujan rata-rata yang terjadi selama 3 jam dalam satu harinya.

Pada waktu selama 3 jam atau kurang inilah informasi yang datanya akan diambil untuk penentuan kualitas drainase jalan, oleh karena itu pemilihan pada mutu drainase berada di tingkat “baik” untuk drainase pada jalan tol dan untuk drainase yang bukan merupakan jalan tol berada pada tingkat “sedang”. Pada kondisi tertentu, misalnya saat sistem drainase menjadi sangat buruk maka air tanah yang berada di bawah tanah dasar akan tinggi dan bisa mencapai lapisan perkerasan pada tanah dasar, uraian kualitas drainase pada Tabel 3.27 dicantumkan di bawah ini.

Tabel 3. 27 Tingkat Kualitas Drainase

Tingkat Kualitas drainase	Waktu yang diperlukan untuk air menghilang
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air menggenang atau tidak mengalir

Sumber : *AASHTO* (1993)

11. Beban Sumbu Suatu Kendaraan

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, dan kecepatan kendaraan. Oleh karena itu, perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalenkan ke beban tersebut. Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18 kips (8,16 ton). Semua beban kendaraan yang memiliki beban sumbu berbeda maka akan di ekivalenkan menggunakan angka ekivalen beban standar ke beban sumbu standar. (*AASHTO*, 1993)

Menurut Kamus Istilah Kementerian Pekerjaan Umum (2009), muatan sumbu terberat adalah beban maksimum sumbu kendaraan bermotor yang diijinkan yang mampu didukung oleh jalan. Sehingga jika berlebih akan menyebabkan kerusakan jalan yang lebih besar daripada daya rusak satu sumbu standar. Menurut Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 Pasal 19 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, pengelompokan jalan menurut kelas jalan terdiri dari.

- a. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat 10 Ton.
- b. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, dengan ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.

- c. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm dan muatan sumbu terberat 8 Ton.
- d. Jalan kelas khusus yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, ukuran panjang melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

12. Pertumbuhan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Pengelolaan data yang didapat seperti menyatakan ruas jalan tersebut mengalami *overloading*, menghitung umur sisa perkerasan lentur akibat beban berlebih dengan metode *AASHTO* 1993. Langkah pertama menghitung laju pertumbuhan lalu lintas menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$i = \left[\frac{LHR_n}{LHR_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (3.4)$$

dengan :

- i = Angka pertumbuhan lalu lintas dalam persen,
- LHR_n = Jumlah lalu lintas harian rata-rata pada tahun terbaru,
- LHR_1 = Jumlah lalu lintas harian rata-rata pada tahun sebelumnya, dan
- n = Selisih jumlah tahun data yang diambil.

13. Ekuivalensi beban lalulintas

Beban lalulintas (beban gandar aktual) harus dikonversikan ke dalam beban standar gandar tunggal 18 kips (= 80 kN = 8,2 Ton) *Equivalent 18-kips Single Axle Loads (ESAL)*

Ekuivalensi diperoleh dengan membandingkan besarnya repetisi beban L_x dan L_{18} yang memberikan tingkat kerusakan yang sama, yaitu sebesar $\log W_{t_x} / W_{t_{18}}$ dengan menggunakan persamaan 3.5 sampai dengan persamaan 3.8

Persamaan ekuivalensi:

$$G_t = \log \left(\frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5} \right) \quad (3.5)$$

$$\beta = 0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}} \quad (3.6)$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,081 (L_1 + L_2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} (L_2)^{3,23}} \quad (3.7)$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{25}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \quad (3.8)$$

dengan :

W_x = Banyaknya repetisi beban gandar L_x .,

G_t = Rasio (dalam logaritma) antara kehilangan tingkat pelayanan pada waktu t terhadap kehilangan tingkat pelayanan pada saat $P_t = 1,5$,

B = Merupakan suatu fungsi desain (SN) dan variabel-variabel pembebanan (L_1 dan L_2) yang mempengaruhi bentuk kurva tingkat pelayanan,

W_{18} = Banyaknya repetisi beban gandar standar (sumbu tunggal 18 kips),

L_x = Beban gandar yang dievaluasi (dalam kips),

L_2 = Kode jenis gandar ($L_{2s} = 1$ [standar gandar tunggal], dan

$L_{2x} = 1, 2$, atau 3 , jika gandar yg dievaluasi berupa gandar tunggal, tandem, atau tridem.

14. Beban kendaraan sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent 18-kips Single Axle Load (CESAL)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$CESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.9)$$

dengan :

C

ESA = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama,

LHR = Lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari),

VDF = Faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga,

DD = Faktor distribusi arah,

- DL = Faktor distribusi lajur,
 CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana, dan
 R = Faktor Pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

3.4 Muatan Lebih (*Overloading*) & Umur Sisa (*Remaining Life*)

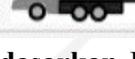
Muatan beban berlebih yaitu *overloading* merupakan jumlah beban muatan suatu kendaraan angkutan penumpang, barang, kendaraan peruntukan tertentu, truk gandeng, dan truk trailer yang melebihi daripada jumlah beban total yang diijinkan (JBI) atau bias disebut muatan sumbu terberat (MST).

Menurut Kamus Istilah Bidang Perkerjaan Umum (2009), muatan lebih adalah muatan sumbu kendaraan yang melebihi dari ketentuan seperti yang tercantum pada peraturan yang berlaku (PP 43 Tahun 1993) jumlah berat yang diizinkan (JBI) adalah berat maksimum kendaraan bermotor berikut muatannya yang diizinkan berdasarkan kelas jalan yang dilalui. Semakin banyak jumlah sumbu roda kendaraan maka JBI nya semakin besar.

Pemerintah telah menetapkan (JBI) menggunakan pertimbangan daya dukung sautu kela dan fungsi jalan terendah yang dilalui, kekuatan ban, kekuatan rancangan sumbu kendaraan sebagai sautu upaya untuk peningkatan umur pelayanan jalan serta sebagai sautu aspek keselamatan yang terjadi di jalan. Jumlah berat bruto (JBB) ditentukan oleh pembuat kendaraan atau pabrikan yang disesuaikan dengan kekuatan rancangan sumbu yang menghasilkan JBI suatu kendaraan tidak melebihi

الجمهورية العربية السورية
 الجامعة العربية السورية
 المعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا

JBB kendaraan tersebut. Jenis dan klasifikasi kendaraan diuraikan dalam Gambar 3.3 di bawah ini.

Jumlah sumbu	Jenis	JBI Kelas II	JBI Kelas III	Gambar
2	Truk Engkel	12 ton	12 ton	
2	Truk Besar	16 ton	14 ton	
3	Truk Tronton	22 ton	20 ton	
3	Truk Gandeng	36 ton	30 ton	
4	Truk 4 sumbu	30 ton	26 ton	
4	Truk tempel	34 ton	28 ton	
5	Truk tempel	40 ton	32 ton	
6	Truk tempel	43 ton	40 ton	

Gambar 3.3 Klasifikasi Jenis Kendaraan Berdasarkan JBI

Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008)

(Suwardo dan Sugiharto, 2004) dalam bukunya mengatakan bahwa penyebab kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan antara lain adalah beban kendaraan yang berlebih (*overloading*), faktor suhu, kadar air, frekuensi hujan, serta perencanaan dan pelaksanaan yang membuahkan mutu perkerasan jalan menjadi buruk. Perkerasan jalan juga perlu dilakukannya pemeliharaan jalan rutin maupun berkala guna mempertahankan tingkat kualitas perkerasan jalan tersebut supaya keamanan serta kenyamanan bagi pengguna jalan tetap terjaga. Pemeliharaan rutin dan berkala juga berguna untuk mempertahankan keawetan perkerasan jalan agar jalan tetap mampu melayani lalu lintas hingga umur rencana perkerasan jalan tersebut tercapai sesuai perencanaan.

3.4.1 Umur Pelayanan Jalan

Dalam (Bina Marga, 1989) Umur pelayanan jalan bisa dihitung ketika jalan pertama kali dibuka dan digunakan sampai dengan saat diperlukannya perbaikan berat atau pada saat diperlukannya menambah lapisan permukaan yang baru atau disebut juga dengan *overlay*. Beberapa faktor yang harus diberi pertimbangan

ketika melakukan perencanaan jalan antara lain fungsi jalan, kelas jalan, faktor lingkungan, jenis tanah dasar dan volume lalu lintas kendaraan yang lewat.

(Sukirman, 1992) dalam bukunya melaporkan usia rencana pada perkerasan lentur sautu jalur baru biasanya diambil 20 tahun masa layan serta buat kenaikan jalur 10 tahun masa layan. Usia rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi murah sebab aspek pertumbuhan kemudian lintas yang sangat besar serta sukar memperoleh ketelitian yang mencukupi. Pemeliharaan senantiasa dicoba sepanjang usia rencana, semacam pelapisan susunan non structural buat susunan aus serta kekedapan terhadap air.

3.4.2 Umur Sisa Perkerasan Jalan (*Remaining Life*)

Dalam (AASHTO, 1993) *Remaining life* merupakan penyusutan atau kehilangannya masa layan suatu jalan yang dikarenakan oleh adanya faktor beban yang diberikan ketika kendaraan yang melintas. Masa layan jalan diperkirakan habis sesuai dengan umur rencana jalan yang telah dibuat dalam perencanaan, tapi pada kenyataannya kendaraan yang melintas justru membawa muatan beban yang berlebih. Untuk mengetahui seberapa cepat atau lambatnya masa layan suatu jalan dapat diketahui maka diperlukan perhitungan sisa umur perkerasan (*remaining life*). Perhitungan nilai *remaining life* (*RL*) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 di bawah ini.

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1.5}} \right) \right] \quad (3.10)$$

dengan :

RL = Umur sisa perkerasan jalan *Remaining Life* ,

N_p = Σ kumulatif *traffic design* (W_{18}) per tahun, dan

$N_{1.5}$ = kumulatif W_{18} dari tahun terakhir umur rencana jalan.

Perhitungan dilakukan dalam kondisi normal dan ketika kondisi kendaraan mengalami beban yang berlebih atau bisa disebut juga *overload*, pada saat kondisi *overload* untuk nilai N_p yang digunakan adalah nilai N_p pada saat kondisi *overload*.

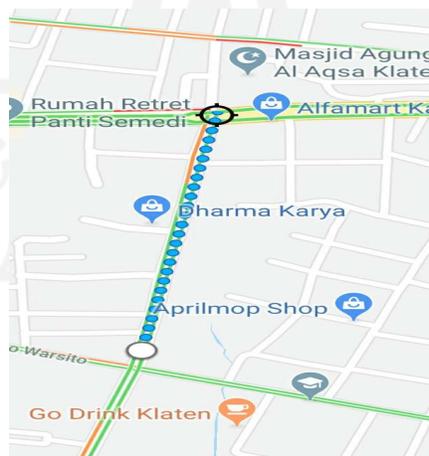
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian studi kasus karena objek yang diteliti adalah suatu permasalahan yang sudah terjadi. Kasus yang diteliti adalah sebuah jalan yang sudah mulai rusak dan belum lama dari selesainya proses pembuatan *overlay* jalan tersebut. Jalan tersebut bertepatan di Jalan Diponegoro Kabupaten Klaten atau sering disebut dengan *bypass*. Penelitian studi kasus sendiri adalah penelitian yang berdasarkan pada kejadian yang telah terjadi. Penelitian ini mempelajari interaksi antara variabel satu dengan variabel lainnya. Pada dasarnya studi kasus mempunyai tujuan untuk mempelajari secara khusus bagaimana suatu kejadian bisa terjadi secara sistematis dalam kurun waktu cukup lama.

4.2 Letak Lokasi Penelitian

Lokasi untuk penelitian ini terletak di ruas jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten. Denah lokasi tempat proses penelitian dilakukan bisa disimak di Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 di bawah ini.



**Gambar 4. 1 Titik Letak Lokasi Penelitian Pada Ruas Jalan Diponegoro
(*bypass*) Klaten**

(Sumber: google maps)



**Gambar 4. 2 Tampak Jalan Lokasi Penelitian Pada Ruas Jalan Diponegoro
(*bypass*) Klaten**
(Sumber: google earth)

4.3 Pengumpulan Data

Informasi dalam suatu sumber wajib dikontrol serta dikelola jadi sesuatu wujud yang lebih bermanfaat serta berguna sebab cuma dengan informasi yang pas hingga proses riset hendak berlangsung hingga periset memperoleh jawaban dari rumusan permasalahan yang telah diresmikan. Informasi yang dicari wajib cocok dengan tujuan riset. Tipe informasi yang bisa digunakan ialah informasi primer serta informasi sekunder. Informasi primer merupakan informasi yang cuma didapat dari sumber asli ataupun awal, sebaliknya informasi sekunder merupakan informasi yang telah ada, misalnya di bibliotek, perusahaan- perusahaan, organisasi- organisasi perdagangan, biro pusat statistik, serta kantor- kantor pemerintah. Sebaliknya informasi primer wajib secara langsung diambil lewat narasumber yang pas ataupun lewat survei di lapangan. Sesi pengumpulan informasi ialah aktivitas penerapan survei serta pengumpulan informasi yang berkaitan dengan kebutuhan informasi buat dianalisis dalam riset ini yang meliputi.

1. Penentuan posisi pengambilan informasi sekunder

Posisi pengambilan informasi sekunder dicoba di Kantor Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang.

2. Pengambilan informasi sekunder

Informasi sekunder diambil dari Jembatan Timbang Tamanmartani Prambanan berbentuk informasi hasil penimbangan berat muatan kendaraan berat angkutan benda. Tidak hanya itu, buat informasi perencanaan perkerasan lentur Jalan Diponegoro (*bypass*) berbentuk LHR, tipe perkerasan yang digunakan, serta usia

rencana diambil dari berdasarkan disposisi dari Kantor Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang.

Data sekunder yang berhasil didapatkan adalah sebagai berikut.

a. *Profile* Jalan

Data lalu lintas ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten adalah data sekunder yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional 7 Semarang. Adapun data lalu lintas ruas jalan Diponegoro yang disajikan dalam Tabel 4.1 berikut.

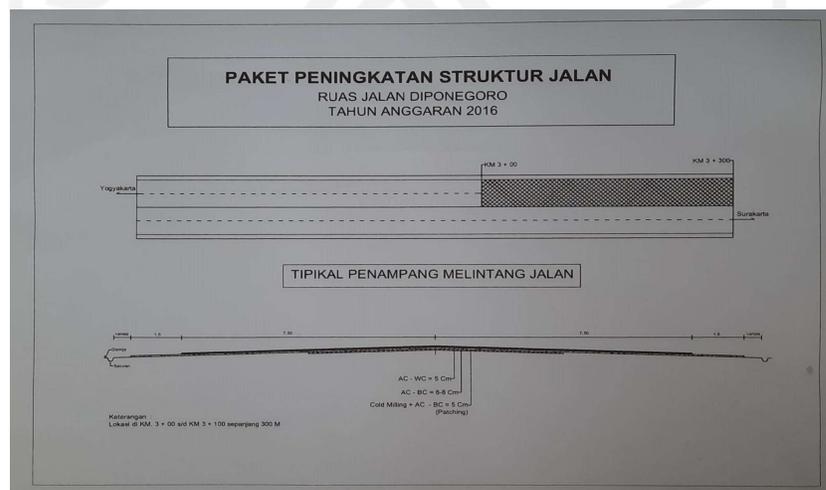
Tabel 4. 1 Data Lalu Lintas Ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten

No	Data	Keterangan
1	Jenis jalan	Arteri primer
2	Panjang ruas jalan	3,30 Km
3	Umur rencana (UR)	10 tahun (2016-2026)
4	Pertumbuhan lalu lintas (i)	4,80%
5	Distribusi Kendaraan	2 jalur 2 lajur 2 arah

Sumber : B2PJN (2018)

b. Data Fisik Jalan

Overlay pada Ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten dilaksanakan pada tahun 2016. Berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang, tebal perkerasan Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Tebal Perkerasan Eksisting Ruas Jl. Diponegoro (*bypass*) Klaten

Sumber : B2PJN (2018)

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu *staff* Dinas Pembangunan Umum (DPU) Kabupaten Klaten didapatkan data yang terangkum dalam Tabel 4.2 sebagai berikut

Tabel 4. 2 Data Tebal Perkerasan dan Kondisi Drainase

No	Data	Tebal (cm)	Jenis Bahan	drainase
1	Lapis pondasi atas	20	Batu pecah (kelas A)	sedang
2	lapis pondasi bawah	30	Sirtu/pitrun (kelas B)	sedang

Sumber: Hasil Wawancara *Staff* DPU Kabupaten Klaten (2018)

c. Lalu Lintas Harian Rerata

Data lalu lintas harian rerata (LHR) jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) Kendaraan

No	Klarifikasi Kendaraan	iLHR (kend/hari)		
		Tahun 2014	Tahun 2015	Tahun 2016
1	Golongan II	1827	1708	3551
2	Golongan III	323	1029	1445
3	Golongan IV	885	799	975
4	Golongan Va	125	126	52
5	Golongan Vb	917	914	1142
6	Golongan VIa	7444	5878	5443
8	Golongan VIIa	926	637	674
7	Golongan VIIb	156	205	178
8	Golongan VIIc	236	165	229
Total		12839	11461	13689

Sumber : Balai Besar VII Pelaksanaan Jalan Nasional (2018)

Data yang dicantumkan pada tabel hanya data yang berpotensi mengurangi umur rencana jalan.

d. Data Beban Kendaraan

Tidak semua kendaraan pada Tabel 4.3 melewati jembatan timbang, sehingga data yang didapat adalah data beban kendaraan yang melewati jembatan timbang. Data beban per satuan kendaraan diambil dari beban total rata-rata kendaraan yang masuk pada jembatan timbang. Data beban kendaraan yang didapat dari Jembatan Timbang Tamanmartani Prambanan dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Data Beban

BUL	GOLONGAN 1 (1,2)		GOLONGAN 2 (1,2L)		GOLONGAN 3 (1,2H)		GOLONGAN 4 (1,2,2)					
	JBI(ton) 1,5 – 8		JBI(ton) 8 - 14		JBI(ton) 14 - 21		JBI(ton) 21 - 28		JBI(ton) 28 - 35		JBI(ton) >35	
	KEND	MUATAN (kg)	KEND	MUATAN (kg)	KEND	MUATAN (kg)	KEND	MUATAN (kg)	KEND	MUATAN (kg)	KEND	MUATAN (kg)
JAN	625	6050,35	403	3822,46	324	5970,05	311	8754,00	294	10195,21	235,2	9893,28
FEB	553	5588,65	412	4215,61	335	6021,22	295	8754,14	283	9534,38	226,4	9252,02
MAR	613	6046,83	343	3680,00	301	5820,54	325	9553,70	293	10301,37	234,4	9996,29
APR	634	6046,74	323	3604,18	346	6051,91	335	9599,60	295	11237,23	236	10904,43
MEI	590	5391,43	354	3804,49	323	5955,97	320	8785,86	292	10041,25	233,6	9743,88
JUN	623	6265,13	391	3803,48	299	5796,29	315	8802,00	301	11289,36	240,8	10955,02
JUL	635	6579,33	332	3647,11	274	5706,01	304	8730,47	292	10314,36	233,6	10008,89
AGU	712	6625,83	404	3831,13	325	5995,57	313	8790,74	293	10322,10	234,4	10016,41
SEP	651	6599,14	414	3803,07	285	5749,71	302	8667,60	305	11428,34	244	11089,88
OKT	535	5043,65	341	3761,69	310	5943,00	300	8750,76	285	9794,23	228	9504,17
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JML	6171	60237,1	3717	37973,2	3122	59010,3	3120	89188,9	2933	104457,9	2346,4	101364,26

Sumber : Jembatan Timbang Tamanmartani (2018)

4.4 Tahapan Penelitian

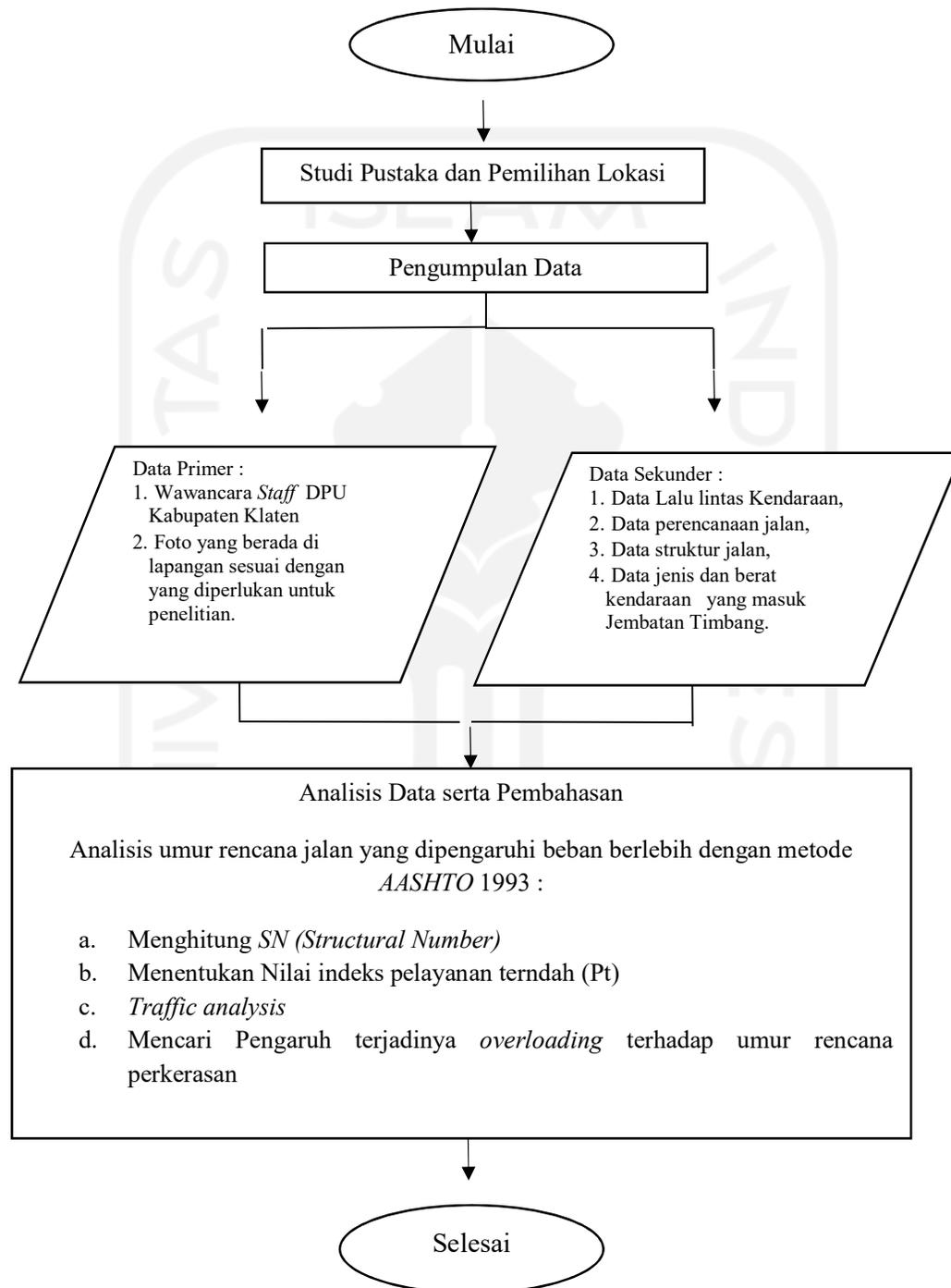
Tata cara atau metode untuk analisis data yang digunakan pada riset atau penelitian ini berdasar pada *Guide for Design of Pavement* yang tercantum pada *AASHTO* tahun 1993

Berikut langkah-langkah perhitungan pada penelitian ini.

1. Menganalisis pengaruh *overloading* kendaraan terhadap pengurangan umur rencana menggunakan metode *AASHTO* 1993
 - a. Menghitung *SN* (*Structural Number*)
 - b. Menentukan Nilai indeks pelayanan akhir (*Pt*)
 - c. *Traffic analysis*
 - 1) Mencari angka laju pertumbuhan (*i*) dari data laju harian rerata (*LHR*)
 - 2) Mencari *Vehicle Damage Factor* (*VDF*) normal.
 - 3) Mencari *Vehicle Damage Factor* (*VDF*) *Overload*.
 - 4) Mencari akumulasi repetisi beban standar (W_{18}) normal
 - 5) Mencari akumulasi repetisi beban standar (W_{18}) *Overload*.
 - d. Mencari pengaruh terjadinya *overloading* terhadap umur rencana perkerasan.

4.5 Flowchart Penelitian

Berdasarkan tahap-tahap penelitian yang telah diuraikan, maka tahap-tahap penelitian dengan metode *AASHTO* 1993 dapat dilihat dalam bentuk diagram sebagaimana pada Gambar 4.4 di halaman berikut ini.



Gambar 4. 4 Flowchart Penelitian menggunakan metode *AASHTO* 1993

BAB V

ANALISIS PENELITIAN

5.1 Deskripsi Jenis Kerusakan Jalan

5.1.1 Deskripsi Kerusakan Jalan

Berdasarkan data observasi visual yang sudah dilakukan menunjukkan hasil antara lain :

1. Kerusakan jalan terjadi tidak pada seluruh bagian badan jalan tapi terjadi pada titik-titik tertentu terutama pada bagian ruas jalan yang membuat kendaraan harus melakukan perlambatan, seperti di bagian sebelum dan sesudah lampu lalu lintas, sebelum dan sesudah perlintasan kereta api, dan di depan Kantor Polres Kabupaten Klaten.
2. Bagian badan jalan yang lebih banyak mengalami kerusakan terlihat berada pada jalur yang menuju ke arah timur atau ke arah Kota Solo.
3. Kerusakan yang terjadi di ruas jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten adalah jenis kerusakan alur (*rutting*). Bukti gambar kerusakan dapat disimak di Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Kondisi kenampaan Jalan Klaten – Solo Jl. Diponegoro (*bypass*) Klaten pada tahun 2018

Dari Gambar 5.1 bisa kita lihat terdapat permukaan perkerasan aspal terjadi deformasi yang cukup dalam dan panjang terlihat dari terjadi turun dan naiknya

permukaan perkerasan aspal jalan pada arah memanjang searah dengan lintasan pada roda kendaraan. kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan tersebut ialah kerusakan alur (*rutting*) hal ini diindikasikan dikarenakan oleh beban lalu lintas kendaraan yang terjadi dan membeni secara berulang – ulang di lintasan roda kendaraan yang mempunyai arah sejajar dengan garis as jalan. Gerakan permukaan perkerasan jalan ke atas juga terjadi sepanjang perkerasan jalan dari Gambar 5.1 dapat dilihat terjadi pada seluruh sepanjang pinggir alur jalan.

5.1.2 Klasifikasi Tingkat Kerusakan

Klasifikasi tingkat kerusakan jalan yang terjadi pada Jalan Diponegoro ini saya akan menggunakan pendekatan melalui pengalaman yang dialami oleh penulis akibat kerusakan yang terjadi pada Jalan Diponegoro tersebut. Penulis pernah mengalami kejadian mobil yang dikendarai oleh penulis tersangkut pada bagian ruas jalan yang mengalami kerusakan, saat kejadian tersangkutnya mobil penulis tersebut penulis mengendarai mobil jazz i-dsi yang mempunyai *ground clearance* atau jarak jalan dengan bagian mobil terendah adalah 165 mm atau 16,5 cm oleh karena itu penulis mendapatkan angka pendekatan kedalaman deformasi yang terjadi pada bagian kerusakan di Jalan Diponegoro Klaten adalah 16,5 cm. Menurut Tabel 3.15 kerusakan alur yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro masuk dalam kategori parah karena sudah melebihi dari 1 inci.

5.2 Analisis SN (*Structural Number*)

Tebal perkerasan D_1 D_2 D_3 didapatkan dari dokumen perencanaan ruas jalan Diponegoro bypass Klaten yang diterbitkan oleh B2PJK Semarang tahun 2018 yang dicantumkan dalam Gambar 4.3 dan Tabel 4.2 sebagai berikut.

$$D_1 = 13 \text{ cm}$$

$$D_2 = 20 \text{ cm}$$

$$D_3 = 30 \text{ cm}$$

Koefisien drainase m_2 dan m_3 didapatkan dari Tabel 3.26 dengan data yang terdapat pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.2 sebagai berikut

$$m_2 = 1$$

$$m_3 = 1$$

Koefisien lapis perkerasan m_2 dan m_3 didapatkan dari Tabel 3.25 dengan data yang terdapat pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.2 sebagai berikut

$$a_1 = 0,4$$

$$a_2 = 0,14$$

$$a_3 = 0,12$$

dihitung menggunakan Persamaan 3.3 maka :

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN = 0,4 \times 13 + 0,14 \times 20 \times 1 + 0,12 \times 30 \times 1$$

$$SN = 4,64$$

Dari perhitungan data yang diperoleh SN 4,64

5.3 Menentukan Nilai Indeks Pelayanan Akhir (Pt)

Menurut *AASHTO* (1993) nilai kemampuan pelayanan awal (P_o) untuk perkerasan lentur yaitu 4,2. Nilai indeks pelayanan akhir (Pt) ditentukan berdasarkan fungsi jalan tersebut, maka (Pt) untuk perkerasan lentur jalan Diponegoro (*bypass*) merujuk pada Tabel 3.22 adalah 2,5. Karena jalan Diponegoro (*bypass*) adalah jalan raya utama.

5.4 Analisis Lalu Lintas

1. Berdasarkan data LHR pada Tabel 4.3 yang didapat dari Balai Besar VII Pelaksanaan Jalan Nasional (2018) Perhitungan angka laju pertumbuhan (i) menggunakan Persamaan 3.4 dan sebagai perwakilan digunakan data LHR total tahun terdekat yaitu tahun 2014 sampai dengan 2016.

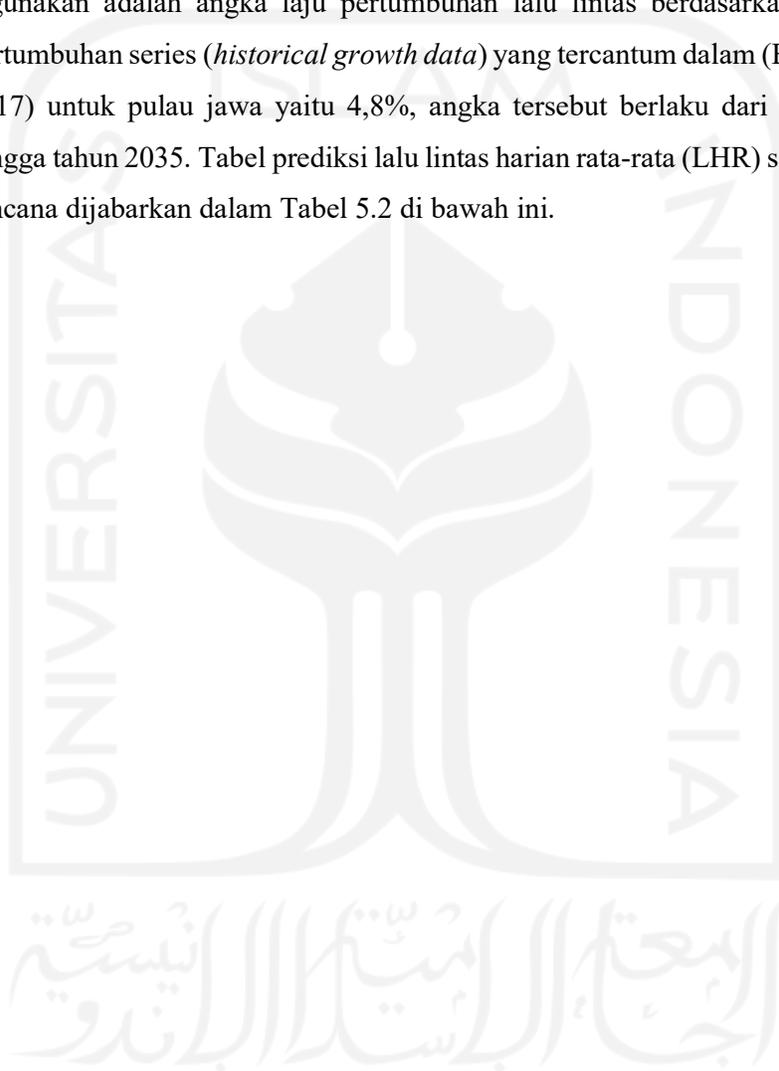
Hasil perhitungan angka pertumbuhan lalu lintas menggunakan metode eksponensial dapat dilihat pada Table 5.1 Sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

No.	Tahun	LHR	LHRo	LHRT	n	i (%)
1	2014	12839	-	-	-	-
2	2015	11461	12839	11461	1	-10,733%
3	2016	13689	11461	13689	2	19,440%
Pertumbuhan rata-rata (i)						4,3535%

Dari hasil perhitungan dengan metode eksponensial didapat angka pertumbuhan

(i) sebesar 4,3535 % hasil dari perhitungan dengan metode eksponensial tersebut kurang rasional karena rata-rata yang didapatkan dari rentang laju pertumbuhan yang terlalu jauh yaitu -10,733% dengan +19,440 untuk itu hasil dari metode eksponensial tersebut tidak dapat dipakai. Angka laju pertumbuhan yang digunakan adalah angka laju pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) yang tercantum dalam (Bina Marga, 2017) untuk pulau jawa yaitu 4,8%, angka tersebut berlaku dari tahun 2015 hingga tahun 2035. Tabel prediksi lalu lintas harian rata-rata (LHR) selama umur rencana dijabarkan dalam Tabel 5.2 di bawah ini.



Tabel 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan LHR 2017 sampai dengan 2026

No	Klarifikasi Kendaraan	Jenis kendaraan	LHR (kend/hari)				
			Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
2	Golongan II	sedan/ angkot	3721	3900	4087	4489	4489
3	Golongan III	pick up/station wagon	1514	1587	1663	1827	1827
4	Golongan IV	truk 2 as ringan	1022	1071	1122	1233	1233
5	Golongan Va	bus kecil	54	57	60	66	66
6	Golongan Vb	bus besar	1197	1254	1314	1444	1444
7	Golongan VI	truk 2 sumbu - berat	5704	5978	6265	6881	6881
8	Golongan VIIa	truck 3 as	706	740	776	852	852
9	Golongan VIIb	trailer 4 as,gandeng	187	195	205	225	225
10	Golongan VIIc	truk S trailer	240	252	264	289	289
Total			14285	15035	15756	17305	17305

Lanjutan Tabel 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan LHR 2017 sampai dengan 2026

No	Klarifikasi Kendaraan	Jenis kendaraan	LHR (kend/hari)				
			Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024	Tahun 2025	Tahun 2026
2	Golongan II	sedan/ angkot	4705	4930	5167	5415	5675
3	Golongan III	pick up/station wagon	1914	2006	2103	2204	2309
4	Golongan IV	truck 2 as ringan	1292	1354	1419	1487	1558
5	Golongan Va	bus kecil	69	72	76	79	83
6	Golongan Vb	bus besar	1513	1586	1662	1741	1825
7	Golongan VI	truk 2 sumbu - berat	7211	7557	7920	8300	8699
8	Golongan VIIa	truck 3 as	893	936	981	1028	1077
9	Golongan VIIb	trailer 4 as,gandeng	236	247	259	271	284
10	Golongan VIIc	truck S trailer	303	318	333	349	366
Total			18136	19006	19919	20875	21877

2. Mencari *Vehicle Damage Factor (VDF)* normal.

Angka daya rusak kendaraan atau (VDF) dipakai untuk membandingkan besarnya daya rusak kendaraan pada saat kondisi normal dengan kendaraan pada saat (*overload*) atau mengalami beban berlebih. Contoh perhitungan *VDF* kondisi kendaraan dengan beban normal direpresentasikan menggunakan golongan II dan dihitung menggunakan Persamaan 3.5 sampai dengan Persamaan 3.8.

a. Menghitung nilai G_t .

$$G_t = \log\left(\frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5}\right)$$

$$G_t = \log\left(\frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 1,5}\right)$$

$$G_t = -0,20091$$

Jadi, nilai G_t yang digunakan adalah -0,20091

b. Menghitung nilai β

$$\beta = 0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}$$

$$\beta = 0,40 + \frac{1094}{(4,64 + 1)^{5,19}}$$

$$\beta = 0,53795$$

Jadi, nilai β yang digunakan adalah 0,53795

c. Menghitung nilai *VDF (Vehicle Damage Factor)*

1) Menghitung *LEF* gandar depan

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{25}}{L_x + L_{2x}}\right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}}\right] [L_{2x}]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{2,2 + 1}\right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,20091/0,4004}}{10^{-0,20091/0,53795}}\right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 3752,494$$

$$LEF = \frac{W_{18}}{W_x}$$

$$LEF = 0,000266$$

2) Menghitung LEF gandar belakang

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{25}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{2,2 + 1} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,20091/0,4004}}{10^{-0,20091/0,53795}} \right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 3752,494$$

$$LEF = \frac{W_{18}}{W_x}$$

$$LEF = 0,000266$$

$$VDF = \sum LEF$$

$$VDF = LEF \text{ gandar depan} + LEF \text{ gandar belakang}$$

$$VDF = 0,00266 + 0,00266$$

$$VDF = 0,000533$$

Beban kendaraan dan muatan didistribusikan ke gandar-gandar yang ada pada kendaraan tersebut. Pembagian distribusi beban gandar dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Distribusi Beban Gandar

Klasifi Kend	jenis kend	konfigurasi sumbu	Gandar Depan (ST,RT)	Gandar Belakang								
				ke -1	ket	ke-2	ket	ke-3	ket	ke-4	ket	
Golongan II	sedan/ angkot	1.1	50%	50%	ST,RT							
Golongan III	pick up/station wagon	1.2	34%	66%	ST,RG							
Golongan IV	truk 2 as ringan	1.2L	34%	66%	ST,RG							
Golongan Va	bus kecil	1.2	34%	66%	ST,RG							
Golongan Vb	bus besar	1.2	34%	66%	ST,RG							
Golongan VI	truk 2 sumbu - berat	1.2H	34%	66%	ST,RG							
Golongan VIIa	truk 3 as	1.2.2	25%	38%	SG,RG	38%	SG,RG					
Golongan VIIb	trailer 4 as,gandeng	1.2+2.2	18%	28%	SG,RG	27%	ST,RG	27%	ST,RG			
Golongan VIIc	truk S trailer	1.2.2 + 2.2	15%	25%	SG,RG	25%	SG,RG	17%	SG,RG	18%	SG,RG	

dengan :

ST, RT = Sumbu Tunggal, Roda Tunggal,

ST, RG = Sumbu Tunggal, Roda Ganda,dan

SG, RG = Sumbu Ganda, Roda Ganda.

Dari perhitungan di atas, maka rekapitulasi *VDF* kondisi kendaraan dengan beban normal dapat disimak pada tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi *VDF* Normal

Klasifikasi Kendaraan	konfigurasi sumbu	DEPAN	BELAKANG				<i>VDF</i>
		LEF	<i>LEF</i>				
			Ke - 1	Ke - 2	Ke - 3	Ke - 4	
Golongan II	1.1	0,000266	0,000266				0,000533
Golongan III	1.2	0,012812	0,201973				0,214785
Golongan IV	1.2L	0,012812	0,201973				0,214785
Golongan Va	1.2	0,012812	0,201973				0,214785
Golongan Vb	1.2	0,017902	0,281375				0,299277
Golongan VI	1.2H	0,156158	2,156564				2,312722
Golongan VIIa	1.2.2	0,346272	0,145500	0,145500			0,637272
Golongan VIIb	1.2+2.2	0,229098	0,110932	1,156944	1,156944		2,653918
Golongan VIIc	1.2.2 + 2.2	0,269913	0,189969	0,189969	0,042913	0,049653	0,742418

3. Mencari *Vehicle Damage Factore (VDF) Overload*.

Dengan menggunakan data beban pada Tabel 4.3 dengan data beban total rata-rata contoh perhitungan *VDF overload* yang direpresentasikan menggunakan golongan II, dihitung menggunakan Persamaan 3.5 sampai dengan Persamaan 3.8.

a. Menghitung nilai G_t .

$$G_t = \log \left(\frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5} \right)$$

$$G_t = \log \left(\frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 1,5} \right)$$

$$G_t = -0,20091$$

Jadi, nilai G_t yang digunakan adalah -0,20091

b. Menghitung nilai β

$$\beta = 0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}$$

$$\beta = 0,40 + \frac{1094}{(4,64 + 1)^{5,19}}$$

$$\beta = 0,53795$$

Jadi, nilai β yang digunakan adalah 0,53795

c. Menghitung nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*)

1) Menghitung LEF gandar depan

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{25}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{2,2 + 1} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,20091/0,4004}}{10^{-0,20091/0,53795}} \right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 3752,494$$

$$LEF = \frac{W_{18}}{W_x}$$

$$LEF = 0,000266$$

2) Menghitung LEF gandar belakang

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{25}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{2,2 + 1} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,20091/0,4004}}{10^{-0,20091/0,53795}} \right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 3752,494$$

$$LEF = \frac{W_{18}}{W_x}$$

$$LEF = 0,000266$$

$$VDF = \sum LEF$$

$$VDF = LEF \text{ gandar depan} + LEF \text{ gandar belakang}$$

$$VDF = 0,00266 + 0,00266$$

$$VDF = 0,000533$$

Dari perhitungan di atas, maka rekapitulasi *VDF Overload* dapat disimak di tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi *VDF Overload*

Klasifikasi Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	DEPAN	BELAKANG				VDF
		LEF	LEF				
			Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	
Golongan II	1.1	0,00027	0,00027				0,00053
Golongan III	1.2	0,02495	0,39217				0,41712
Golongan IV	1.2L	0,03014	0,47116				0,50130
Golongan Va	1.2	0,01281	0,20197				0,21479
Golongan Vb	1.2	0,01790	0,28137				0,29928
Golongan VI	1.2H	0,38737	4,90695				5,29432
Golongan VIIa	1.2.2	0,59349	0,25406	0,25406			1,10160
Golongan VIIb	1.2+2.2	0,38327	0,18760	1,86443	1,86443		4,29972
Golongan VIIc	1.2.2 + 2.2	0,36458	0,25795	0,25795	0,05832	0,06751	1,00631

hasil perhitungan *VDF* normal dan *VDF overload* dapat dibandingkan perbedaan antara keduanya yang dapat disimak di tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5. 6 Perbandingan *VDF* Normal dan *VDF Overload*

Klasifikasi pada Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	<i>VDF</i> normal	<i>VDF overload</i>	Faktor perbandingan
Golongan II	sedan/ angkot	1.1	0,000533	0,000533	1,0
Golongan III	<i>pick up/station wagon</i>	1.2	0,214785	0,417124	1,94
Golongan IV	truk 2 as ringan	1.2L	0,214785	0,501298	2,33
Golongan Va	bus kecil	1.2	0,214785	0,214785	1,0
Golongan Vb	bus besar	1.2	0,299277	0,299277	1,0
Golongan VI	truk 2 sumbu - berat	1.2H	2,312722	5,294324	2,29
Golongan VIIa	truk 3 as	1.2.2	0,637272	1,101603	1,73
Golongan VIIb	trailer 4 as,gandeng	1.2+2.2	2,653918	4,299719	1,62
Golongan VIIc	truk S trailer	1.2.2 + 2.2	0,742418	1,006306	1,36

Dari data perbandingan di atas, terjadi kenaikan *VDF* terbesar pada golongan IV truk 2 sumbu berat dengan faktor pembanding 2,29, dengan *VDF overload* adalah 2,29 kalinya *VDF* normal.

4. Mencari akumulasi repetisi beban standar (W_{18}) normal

Dalam mencari angka akumulasi repetisi beban standar kondisi normal ini direpresentasikan menggunakan data pada kendaraan golongan II ditahun 2017. Contoh perhitungan akumulasi repetisi beban standar menggunakan Persamaan 3.9 yang diuraikan di bawah ini.

$$CESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$CESA = (3706 \times 0,0005329) \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 10,02$$

$$CESA = 2901,522 \text{ ESAL}$$

Dari perhitungan di atas, maka rekapitulasi W_{18} normal pada tahun 2017 dapat disimak di tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Nilai *CESA* kendaraan Normal

Klasifikasi Kendaraan	Data LHR 2017	<i>VDF</i>	<i>CESA</i> 2017 (ESAL)
Golongan II	3721	0,000532979	2901,522
Golongan III	1514	0,214785004	475813,657
Golongan IV	1022	0,214785004	321050,737
Golongan Va	54	0,214785004	17122,706
Golongan Vb	1197	0,299276724	523967,252
Golongan VI	5704	2,31272216	19298648,493
Golongan VIIa	706	0,637272014	658491,000
Golongan VIIb	187	2,653917786	724223,424
Golongan VIIc	240	0,742417818	260644,742
W_{18} Tahun 2017			22282863,533

5. Mencari akumulasi repetisi beban (W_{18}) *Overload*.

Dalam mencari angka akumulasi repetisi beban standar kondisi normal ini direpresentasikan menggunakan data pada kendaraan golongan II ditahun 2017. Contoh perhitungan akumulasi repetisi beban standar menggunakan Persamaan 3.9 yang diuraikan di bawah ini.

$$CESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$CESA = (3721 \times 0,0005329) \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 10,02$$

$CESA = 2889,159 \text{ ESAL}$

Dari perhitungan di atas, maka contoh rekapitulasi $W_{18} \text{ overload}$ pada tahun 2017 dapat disimak di tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Nilai *CESA* Kendaraan *Overload*

Klasifikasi Kendaraan	Data LHR 2017	<i>VDF</i>	<i>ESA</i> 2017 (ESAL)
Golongan II	3721	0,000532979	2901,522
Golongan III	1514	0,417124003	924055,654
Golongan IV	1022	0,501298304	749317,631
Golongan Va	54	0,214785004	17122,706
Golongan Vb	1197	0,299276724	523967,252
Golongan VI	5704	5,294324179	44178805,011
Golongan VIIa	706	1,101602668	1138282,281
Golongan VIIb	187	4,299719368	1173343,612
Golongan VIIc	240	1,006306176	353289,492
W_{18} Tahun 2017			49061085,162

5.5 Umur Sisa Perkerasan

5.5.1 *Remaining Life* Kondisi Normal

Pengaruh terjadinya *overload* terhadap umur rencana pada kondisi normal dapat di hitung menggunakan Persamaan 3.10.

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{21262274,36}{300162307,1} \right) \right]$$

$$RL = 92,916 \%$$

Dari proses perhitungan yang dilakukan di atas, dapat diambil sebuah rekapitulasi terjadinya *overloading* terhadap umur rencana perkerasan jalan pada kondisi normal dan tidak terjadi *overloading* dapat disimak di Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life Normal*

UR	TAHUN	CESA	Σ CESA	RL(%)
0	2016	21262274,36	21262274,36	92,916
1	2017	22282863,53	43545137,9	85,493
2	2018	23352440,98	66897578,88	77,713
3	2019	24473358,15	91370937,03	69,559
4	2020	26879187,15	118250124,2	60,605
5	2021	26879187,15	145129311,3	51,650
6	2022	28169388,13	173298699,5	42,265
7	2023	29521518,76	202820218,2	32,430
8	2024	30938551,66	233758769,9	22,123
9	2025	32423602,14	266182372	11,321
10	2026	33979935,05	300162307,1	0,000

5.5.2 *Remaining Life* Kondisi *Overload*

Pengaruh terjadinya *overloading* terhadap umur rencana pada kondisi *overload* dapat di hitung menggunakan Persamaan 3.10.

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{46814012,56}{660879535,9} \right) \right]$$

$$RL = 84,404 \%$$

Dari proses perhitungan yang dilakukan di atas, dapat diambil sebuah rekapitulasi terjadinya *overloading* terhadap umur rencana perkerasan jalan pada kondisi (*overloading*) yang dapat disimak di Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life Overload*

UR	TAHUN	CESA	Σ CESA	RL(%)
0	2016	46814012,56	46814012,56	84,404
1	2017	49061085,16	95875097,72	68,059
2	2018	51416017,25	147291115	50,930
3	2019	53883986,08	201175101	32,978
4	2020	59180997,44	260356098,5	13,262
5	2021	59180997,44	319537095,9	-6,455
6	2022	62021685,32	381558781,3	-27,117
7	2023	64998726,22	446557507,5	-48,772
8	2024	68118665,08	514676172,6	-71,466
9	2025	71388361	586064533,6	-95,249
10	2026	74815002,33	660879535,9	-120,174

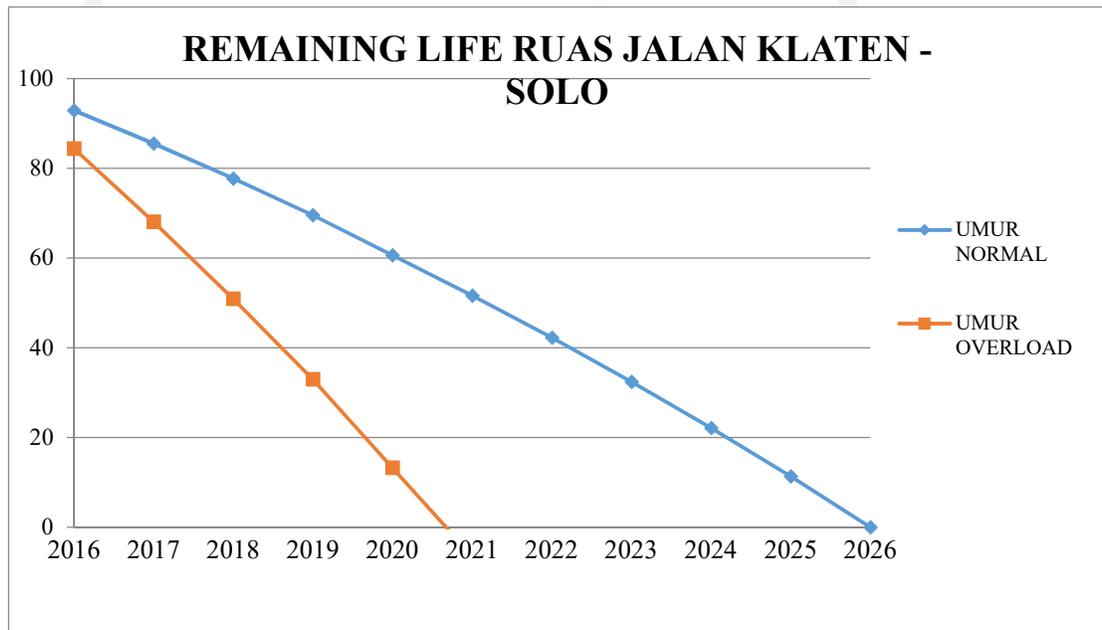
Dari perhitungan dan rekapitulasi di atas antara *remaing life* normal dan *overload*, maka, adapaun perbandingan antara *remaining life* normal dan *overload* dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 11 Perbandingan *Remaining Life*

Tahun	<i>REMAINING LIFE</i>	
	<i>RL(%) NORMAL</i>	<i>RL(%) OVERLOAD</i>
2016	92,916	84,404
2017	85,493	68,059
2018	77,713	50,930
2019	69,559	32,978
2020	60,605	13,262
2021	51,650	-6,455
2022	42,265	
2023	32,430	
2024	22,123	
2025	11,321	
2026	0,000	

Dari Tabel 5.11 di atas pada tahun 2021 masa layan jalan pada kondisi normal sebesar 51,650% sedangkan masa layan pada kondisi *overload* sebesar -6,455% maka ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten pada tahun 2021 pada kondisi *overload* sudah tidak dapat lagi melayani lalu lintas kendaraan.

Adapun perbandingan pengaruh terjadinya *overload* pada *remaining life* dalam bentuk grafik yang dapat disimak di Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Nilai *Remaining Life* Kondisi Normal dan *Overload*

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Jenis kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten mengalami kerusakan alur atau (*rutting*) dengan kedalaman kurang lebih 16,5 cm dan panjang kurang lebih 100 m pada stasiun KM. 3 + 200 - KM. 3 + 300. Tingkat kerusakan jalan alur yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro Klaten termasuk pada tingkat kerusakan yang parah dengan dasar deformasi yang diperkirakan 16,5 cm.
2. Muatan berlebih (*overloading*) aktual di lapangan adalah salah satu penyebab terjadinya kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten oleh sebab itu mengakibatkan peningkatan *VDF*, berdasar metode *AASTHO* 1993 golongan III peningkatan nilai *VDF* sebesar 1,94; golongan IV peningkatan nilai *VDF* sebesar 2,33; golongan VI peningkatan nilai *VDF* sebesar 2,29, golongan VIIa peningkatan nilai *VDF* sebesar 1,73; golongan VIIb peningkatan nilai *VDF* sebesar 1,62; dan golongan VIIc peningkatan nilai *VDF* sebesar 1,36.
3. Pada tahun 2021 masa layan jalan pada kondisi normal sebesar 51,650% sedangkan masa layan pada kondisi *overload* sebesar -6,455% maka ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten pada tahun 2021 pada kondisi *overload* sudah tidak dapat lagi melayani lalu lintas kendaraan.

6.2 Saran

1. Masa evaluasi jalan lebih dipercepat lagi jika sudah terjadi kerusakan jalan yang diindikasikan terjadi karena adanya beban kendaraan berlebih (*overload*) pada jalan tersebut.
2. Pengawasan pada jembatan timbang Tamanmartani diperketat agar tidak terjadi pelanggaran muatan berlebih.
3. Penelitian selanjutnya yang sejenis disarankan untuk melakukan survei secara lebih detail dengan kejanggalan kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten contohnya adalah kerusakan yang terjadi hanya pada titik-titik tertentu pada ruas jalan tersebut, hanya terjadi pada lajur yang mengarah ke Kota Solo. Hal-hal janggal tersebut bias menjadi salah satu pemicu terjadinya kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten.

DAFTAR PUSTAKA

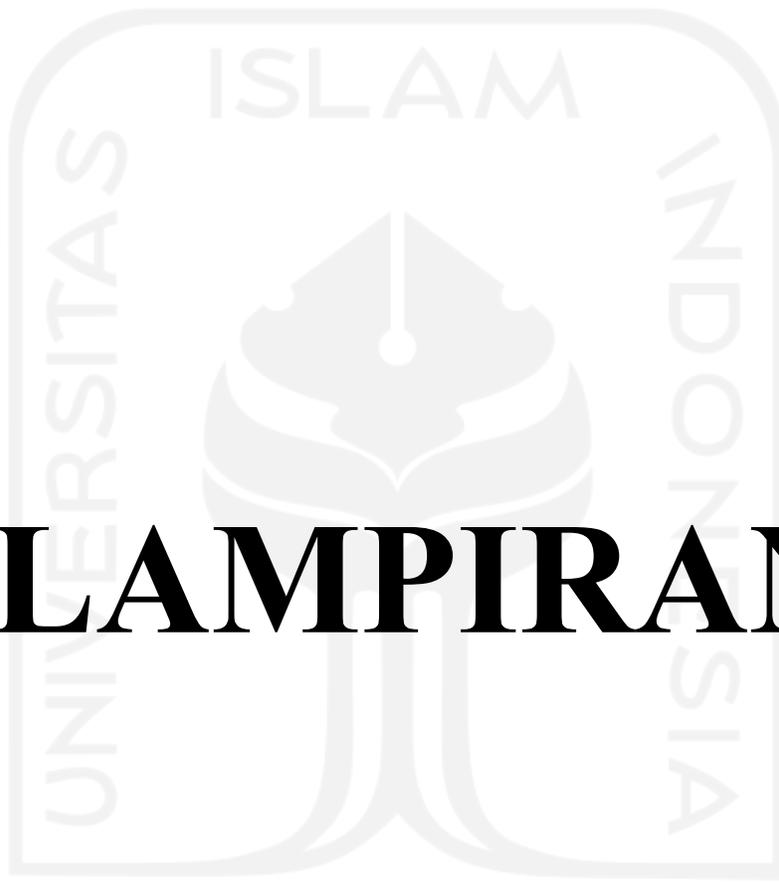
- AASHTO. 1993. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, DC.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1983. *Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. *Manunal Perkerasan Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Eki Afrizal. 2014. Analisis pengaruh akibat muatan yang berlebih pada umur rencana perkerasan jalan. Bung Hatta University
- Hardiyatmo, H. C. 2011. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Harry Christady. 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Harry Christady. 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Google Earth. 2018.
- Pratomo. 2017. Analisis Kerusakan Dini Perkerasaan Lentur Terhadap Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (*Overload*): Studi Kasus Ruas Jalan Jogja – Solo. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prastyanto CA, Mochtar IB. 2016. *The effect of overloaded heavy vehicles on the values of axle load distribution, tire pressure and equivalent axle load (case study: Jenu-Tuban Aterial Road, East Java, Indonesia)*. *ARNP J Eng Appl Sci*.
- Savio, Donia, M. R. Nivitha, B. K. Bindhu, and J. M. Krishnan. 2016. “*Overloading Analysis of Bituminous Pavements in India Using M-E PDG*.” *Transportation Research Procedia*.
- Sukirman. Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.

Suwardo. dan Sugiharto. 2004. *Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight EDGE Untuk Mengestimasi Kondisi Pelaysanan Jalan (PCI dan RCI)*. Yogyakarta.

Undang-Undang Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia No.22 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Pemerintah Republik Indonesia.

Undang-Undang Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia No 38 Tentang Jalan*. Pemerintah Republik Indonesia.



The logo of Universitas Islam Indonesia is a large, light gray watermark in the background. It features a central stylized emblem resembling a flame or a flower, with the word "ISLAM" above it and "UNIVERSITAS" on the left and "INDONESIA" on the right, all enclosed in a rounded rectangular border.

LAMPIRAN

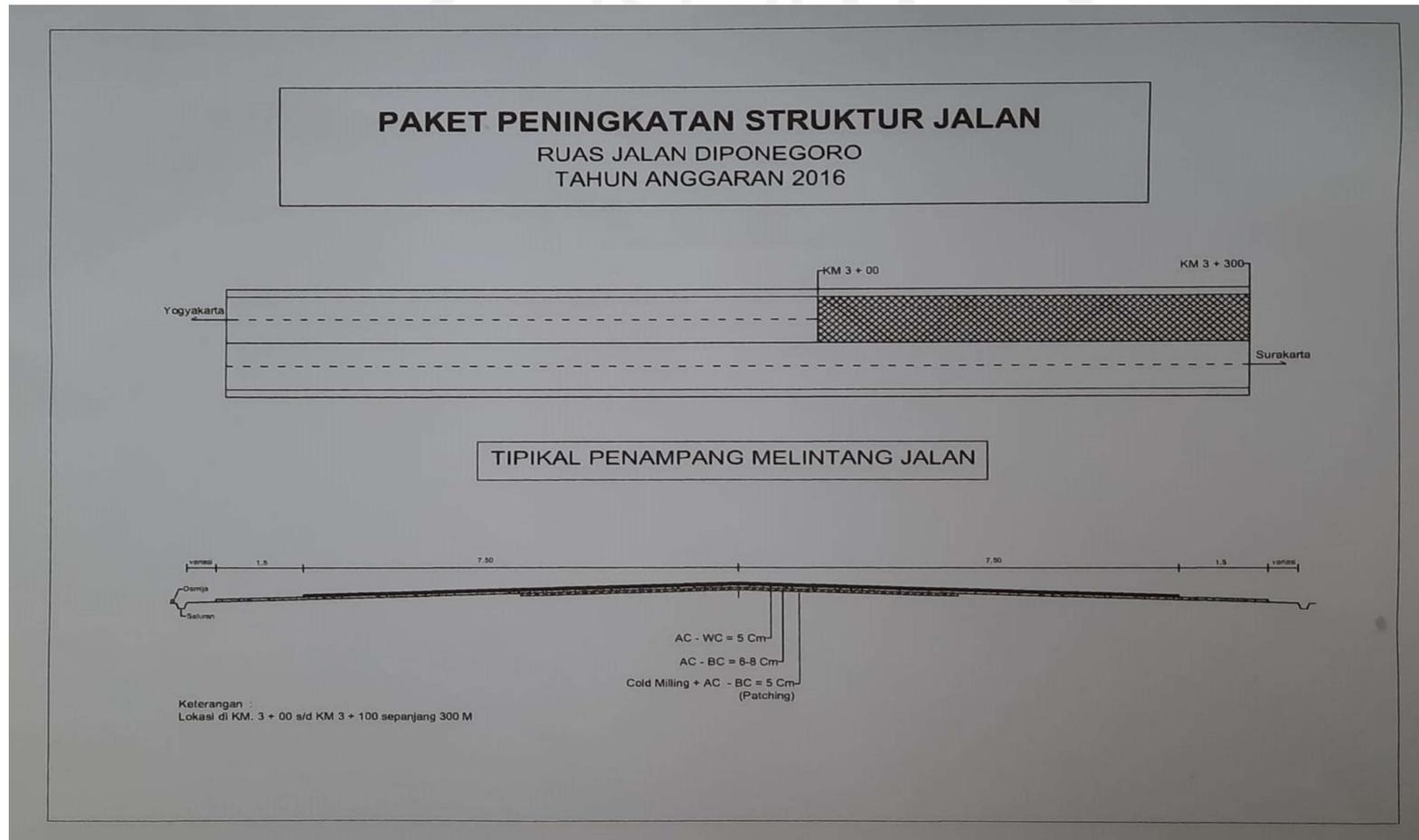
الجمعة المباركة
الاستاذة
الانيسة

Lampiran 1 Lokasi Penelitian



Lampiran 1 Gambar. 1 Lokasi Penelitian Ruas Jalan Diponegoro (bypass) Klaten

LAMPIRAN 2 DATA EXISTING PERENCANAAN JALAN



Lampiran 2 Gambar 1. 1 Gambar existing jalan perencanaan peningkatan struktur jalan Diponegoro (bypass) Klaten

Lampiran 3 Rekapitulasi Penimbangan

REKAPITULASI PENIMBANGAN
KANTOR PENGENDALIAN LALU LINTAS DAN ANGKUTAN JALAN
DINAS PERHUBUNGAN KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA DAERAH DIY
TAHUN 2016

NAMA UPPKB : TAMAN MARTANI
 PROVINSI : D.I YOGYAKARTA

REKAPITULASI UPPKB TAMAN MARTANI TAHUN 2016

BULAN	GOLONGAN 1 (1,2)		GOLONGAN 2 (1,2L)		GOLONGAN 3 (1,2H)		GOLONGAN 4 (1,22)					
	JBI(ton) 1,5 – 8		JBI(ton) 8 - 14		JBI(ton) 14 - 21		JBI(ton) 21 - 28		JBI(ton) 28 - 35		JBI(ton) >35	
	KEND.	MUATAN (kg)	KEND.	MUATAN (kg)	KEND.	MUATAN (kg)	KEND.	MUATAN (kg)	KEND.	MUATAN (kg)	KEND.	MUATAN (kg)
JANUARI	625	6050,3487	403	3822,455406	324	5970,0476	311	8754	294	10195,211	235,2	9893,275905
FEBRUARI	553	5588,6457	412	4215,607011	335	6021,2196	295	8754,136	283	9534,382	226,4	9252,01761
MARET	613	6046,8309	343	3680,004659	301	5820,5356	325	9553,696	293	10301,369	234,4	9996,289995
APRIL	634	6.046,74	323	3604,179787	346	6051,9052	335	9599,6	295	11237,226	236	10904,43123
MEI	590	5.391,43	354	3804,493308	323	5955,9676	320	8785,856	292	10041,252	233,6	9743,87646
JUNI	623	6.265,13	391	3803,484069	299	5796,2916	315	8802	301	11289,356	240,8	10955,01738
JULI	635	6379,3321	332	3647,107002	274	5706,0124	304	8730,472	292	10314,356	233,6	10008,89238
AGUSTUS	712	6.625,832	404	3831,134076	325	5995,572	313	8790,744	293	10322,104	234,4	10016,41092
SEPTEMBER	651	6.599,138	414	3803,071734	285	5749,7088	302	8667,6	305	11428,339	244	11089,88435
OKTOBER	535	5043,6474	341	3761,685081	310	5943,0008	300	8750,76	285	9794,226	228	9504,16623
NOVEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUMLAH	6171	60237,07734	3717	37973,22213	3122	59010,2612	3120	89188,864	2933	104457,821	2346,4	101364,2625

Lampiran 3 Gambar 1. 1 Rekapitulasi Penimbangan

Lampiran 4 LHR Ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Klaten

BINA MARGA INTERURBAN ROAD MANAGEMENT SYSTEM CENTRAL DATABASE		TRAFFIC SUMMARY REPORT																	
		2011 Jawa Tengah [24]															7-Jul-2014		
Link Traffic Post	AADT		Car %	Bus %	LTr %	HTr %	Motor Cycle	Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2x a)	Truck 2x b)	Truck 3x a)	Truck 3x b)	Truck 3x c)	No Mot Traf	Survey Year
	MBT	Total																	
09312 K - JLN. SUDIRMAN (MAGELANG)																			
Status: N/A																			
A09312	22,038	62,709	94.46	1.10	4.41	0.03	39,866	14,166	3,900	2,752	121	121	693	278	6	1	0	805	2014
094 - KEPREKAN - BTS. KOTA MUNTILAN																			
Status: N/A																			
A094	32,498	80,687	67.18	6.46	23.50	2.86	47,781	15,036	2,948	3,849	960	1,140	1,025	6,611	709	53	167	408	2014
09411 K - JLN. PEMUDA (MUNTILAN)																			
Status: N/A																			
A09411	28,174	56,752	68.51	9.23	18.80	3.46	28,185	9,429	4,413	5,459	1,245	1,356	681	4,615	725	55	196	393	2014
095 - MUNTILAN - SALAM (BTS. PROV. D.I. YOGYAK)																			
Status: N/A																			
A095	28,434	62,120	68.28	9.84	18.39	3.48	33,177	9,388	4,491	5,537	1,200	1,599	576	4,654	660	74	255	508	2014
096 - KARTOSURO - BTS. KOTA KLATEN																			
Status: N/A																			
A096	25,568	57,709	59.86	5.70	29.68	4.76	31,818	10,137	2,140	3,028	177	1,280	745	6,843	785	162	271	323	2014
09611 K - JLN. PERINTIS KEMERDEKAAN (KLATEN)																			
Status: N/A																			
A09611	29,809	56,864	64.39	3.87	25.21	6.52	26,612	9,167	5,560	4,468	120	1,034	1,522	5,993	1,138	454	353	443	2014
09612 K - JLN. DIPONEGORO (KLATEN)																			
Status: N/A																			
A09612	12,839	22,231	23.64	8.12	57.98	10.27	9,156	1,827	323	885	125	917	484	6,960	926	156	236	236	2014
09613 K - JLN. KARTINI (KLATEN)																			
Status: N/A																			
A09613																			2014

Lampiran 4 Gambar 1. 1 LHR Ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Pada Tahun 2014

BINA MARGA INTERURBAN ROAD MANAGEMENT SYSTEM CENTRAL DATABASE		TRAFFIC SUMMARY REPORT																Page 10 of 11	
Link		AADT		Car %	Bus %	LTr %	HTr %	Motor Cycle	2015 Jawa Tengah [24]								13-Nov-2015		
Traffic Post	MBT	Total	Car						Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2x a)	Truck 2x b)	Truck 3x a)	Truck 3x b)	Truck 3x c)	No Mot Traf	Survey Year
					Veh 1	Veh 2	Veh 3	Veh 4	Veh5a	Veh5b	Veh6a	Veh6b	Veh7a	Veh7b	Veh7c	Veh 8			
09117 K - JLN. TEUKU UMAR (SEMARANG)									Status: N/A										
A09117	37,251	79,043	94.81	4.96	0.23	0.00	41,588	24,180	5,243	5,894	1,626	222	53	33	0	0	0	204	2015
09118 K - JLN. SETIA BUDHI (SEMARANG)									Status: N/A										
A09118	22,693	68,485	97.50	2.33	0.18	0.00	65,713	15,297	3,688	3,140	485	43	34	6	0	0	0	79	2015
09119 K - JLN. ANTON SUJARWO (SEMARANG)									Status: N/A										
A09119	45,963	107,640	59.43	11.04	23.75	5.78	61,854	14,550	5,741	7,025	3,003	2,071	3,856	7,060	1,333	162	1,162	23	2015
0911A K - JLN. GATOT SUBROTO (UNGERAN)									Status: N/A										
A0911A	31,656	93,918	66.29	5.16	21.67	6.88	62,150	11,992	4,832	4,150	559	1,076	2,126	4,733	1,070	49	1,059	112	2015
0911B K - JLN. DIPONEGORO (UNGERAN)									Status: N/A										
A0911B	30,549	92,525	67.59	4.52	21.60	6.28	61,934	11,862	4,757	4,030	436	946	1,997	4,603	940	48	930	42	2015
092 - SECANG - BTS. KOTA MAGELANG									Status: N/A										
A092	23,865	46,512	61.84	4.71	26.84	6.81	22,941	9,889	1,852	2,969	642	482	926	5,480	1,218	138	269	6	2015
09211 K - JLN. AHMAD YANI (MAGELANG)									Status: N/A										
A09211	39,345	102,328	73.61	4.02	18.97	3.41	62,402	10,798	13,456	4,707	855	725	948	6,514	979	55	308	581	2015
09212 K - JLN. URIP SUMOHARJO (MAGELANG)									Status: N/A										
A09212	14,249	25,496	54.02	6.44	32.83	6.71	11,145	2,883	3,389	1,425	517	401	306	4,372	675	25	256	102	2015
09213 K - JLN. SOEKARNO-HATTA (MAGELANG)									Status: N/A										
A09213	17,906	33,224	58.44	8.24	28.74	4.59	15,177	6,405	2,001	2,058	846	629	621	4,525	583	10	228	141	2015
093 - BTS. KOTA MAGELANG - KEPREKAN									Status: N/A										
A093	26,382	66,154	76.49	3.63	17.18	2.70	41,423	14,778	2,427	2,975	365	593	558	3,975	533	46	132	349	2015
094 - KEPREKAN - BTS. KOTA MUNTILAN									Status: N/A										
A094	27,165	74,013	76.14	3.69	17.39	2.78	46,499	15,022	2,557	3,105	365	637	601	4,124	576	46	132	349	2015
09411 K - JLN. PEMUDA (MUNTILAN)									Status: N/A										
A09411	34,139	85,793	68.58	6.57	20.94	3.91	51,106	16,715	1,711	4,987	1,250	993	2,858	4,289	521	282	533	548	2015
095 - MUNTILAN - SALAM (BTS. PROV. D.I. YOGYAKARTA)									Status: N/A										
A095	23,966	64,274	72.12	5.44	18.47	3.97	39,731	4,893	8,894	3,667	665	639	690	3,736	596	142	214	577	2015
096 - KARTOSURO - BTS. KOTA KLATEN									Status: N/A										
A096	24,819	57,521	67.43	4.06	24.61	3.90	32,466	11,570	2,437	2,729	130	878	642	5,465	592	103	173	236	2015
09611 K - JLN. PERINTIS KEMERDEKAAN (KLATEN)									Status: N/A										
A09611	26,291	63,228	67.76	3.93	22.22	6.08	36,547	6,909	7,048	3,859	120	914	907	4,935	860	470	269	390	2015
09612 K - JLN. DIPONEGORO (KLATEN)									Status: N/A										
A09612	11,461	20,040	30.85	9.07	51.29	8.79	8,439	1,708	1,029	799	126	914	390	5,468	637	205	165	140	2015

Lampiran 4 Gambar 1. 2 LHR Ruas Jalan Diponegoro (*bypass*) Tahun 2015

