

# ANALISA KINERJA PERKERASAN JALAN DITINJAU DARI BESARNYA VOLUME KUMULATIF LALU LINTAS DAN FAKTOR LINGKUNGAN

## Studi Kasus: Ruas Jalan Worang Bypass – Minahasa Utara

Gianina K. G. Sasuwuk

Joice E. Waani, Audie L.E Rumayar

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [gianinasasuwuk95@gmail.com](mailto:gianinasasuwuk95@gmail.com)

### ABSTRAK

Dalam RAPBN 2018 pembangunan infrastruktur jalan membutuhkan anggaran sebesar Rp161,2. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mendapatkan jumlah anggaran paling besar yakni Rp104,2 triliun naik 2,6% dari anggaran APBNP 2017. Keseluruhan panjang jalan di Indonesia sepanjang 537.892 km, dan kondisi jalan rusak ringan sampai rusak berat mencapai 300,3 km. Dari data-data tersebut dapat dilihat betapa mahalnya preservasi dan pembangunan jalan baru di Indonesia.

Ruas jalan Worang Bypass Minahasa Utara merupakan penghubung antara dua kota besar di Sulawesi Utara yaitu Manado dan Bitung sehingga ruas jalan ini sering dilintasi oleh kendaraan besar bermuatan berat, hal tersebut memberikan pengaruh terhadap kinerja perkerasan pada ruas jalan Worang Bypass. Kinerja perkerasan yang dimaksudkan adalah fungsi dari kemampuan relative dari perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam suatu periode tertentu yang ditentukan berdasarkan kondisi fungsional yang menyangkut pada kerataan, kekesatan permukaan perkerasan (Indeks Permukaan (IP) dan Road Condition Index (RCI)) dan kondisi struktural yang menyangkut pada kekuatan dan daya dukung perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh beban lalu lintas serta keadaan lingkungan terhadap tingkat pelayanan jalan.

Untuk menghitung kumulatif beban sumbu standar atau Cummulative Equivalent Standar Axle Load (CESA) dihitung berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017, pengujian lendutan dilakukan menggunakan alat Benkelman Beam (BB) dan pengerjaan serta pengolahan data dilakukan berdasarkan metode Pd T-05-2005-B. Penentuan Indeks Permukaan dilakukan dengan menggunakan grafik hubungan International Roughness Index (IRI) dan IP yang bersumber dari National Cooperative Highway Research Program 2001(NCHRP).

Dari hasil perhitungan CESA menunjukkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan Worang Bypass selama umur rencana 10 tahun, dan berdasarkan data curah hujan 5 tahun terakhir menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian memiliki intensitas curah hujan yang cukup tinggi 200 mm- 330 mm per tahunnya, selain itu ruas jalan Worang Bypass tidak memiliki sistem drainase yang baik. Kontak yang terjadi antara air dan aspal secara terus menerus serta disertai dengan beban lalu lintas yang terus bertambah mengakibatkan terjadinya penurunan fungsi pelayanan jalan yang ditandai dengan turunnya nilai IP setahun setelah jalan dioverlay. Rata-rata nilai IRI pada ruas jalan Worang Bypass adalah 3,2 m/km dengan IP 2,2 yang menyatakan fungsi pelayanan jalan berada pada status cukup. Hal tersebut menyatakan bahwa beban lalu lintas yang terus bertambah serta disertai dengan kondisi lingkungan yang kurang baik akan mempengaruhi tingkat pelayanan suatu jalan.

**Kata Kunci:** Indeks Permukaan (IP), International Roughness Index (IRI), Cummulative Equivalent Standar Axle Load (CESA)

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Fungsi utama jalan sebagai penghubung antar daerah maka jaringan jalan yang baik akan memberikan dampak positif bagi perkembangan suatu wilayah, untuk itu jalan perlu dirawat

untuk mewujudkan pelayanan jalan yang baik dan berpihak pada kepentingan masyarakat.

Pembangunan infrastruktur jalan membutuhkan anggaran yang sangat besar, hal ini dapat dilihat dari anggaran yang disediakan pemerintah sebesar Rp 161,2 triliun dalam RAPBN 2018 untuk belanja sejumlah kementerian

dan Lembaga yang bergerak khusus dibidang infrastruktur, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mendapatkan jumlah anggaran paling besar yakni Rp 104,2 triliun naik 2,6% dari anggaran APBNP 2017. (*CNNIndonesia.com (Ekonomi)*). Dari data-data tersebut dapat dilihat betapa mahalnya preservasi dan pembangunan jalan baru di Indonesia, tetapi pada kenyataannya kondisi jaringan jalan di Indonesia belum semuanya baik, dari keseluruhan panjang jalan di Indonesia sepanjang 537.892 km, kondisi jalan rusak ringan sampai rusak berat mencapai 300,3 km. (*Kementrian Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR 2017)*).

Ruas jalan Worang Bypass Minahasa Utara merupakan penghubung dua kota besar di Sulawesi Utara yaitu Manado dan Bitung sehingga ruas jalan ini sering dilintasi oleh kendaraan besar dengan muatan-muatan berat sehingga dapat dikatakan dengan beban volume lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan besar dengan muatan berat hal ini memberikan pengaruh terhadap kinerja perkerasan pada ruas jalan ini, dimana dalam pengamatan langsung di lokasi terdapat beberapa kerusakan yang dapat dikategorikan sebagai kerusakan ringan dengan kondisi permukaan mengalami retak seperti retak-retak rambut atau retak-retak kulit buaya dan perubahan bentuk/distorsi. Untuk itu perlu adanya tinjauan mendalam tentang faktor-faktor yang mengakibatkan penurunan fungsi jalan serta pemetaan tingkat kerusakan jalan sehingga prioritas penggunaan anggaran dapat ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan jalan yang ada.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dirumuskan beberapa masalah, antara lain :

1. Bagaimana dampak beban lalu lintas dan factor lingkungan pada kinerja perkerasan jalan ?
2. Berapakah penurunan Indeks Permukaan (IP) ?

#### Batasan Masalah

Agar pembahasan yang dilakukan lebih terarah, tidak menyimpang dari permasalahan yang ada, dan mencapai kesimpulan yang tepat, maka ditentukan ruang lingkup, sebagai berikut :

- 1) Penelitian berlokasi di ruas Jalan Worang Bypass, Minahasa Utara ;
- 2) Kualitas material pada perkerasan tidak diperhitungkan sebagai pemicu kerusakan pada perkerasan jalan.

- 3) Penelitian ini akan menganalisa beban lalu lintas, serta faktor lingkungan sebagai pemicu kerusakan jalan atau penurunan kinerja perkerasan.
- 4) Identifikasi tingkat pelayanan jalan dilakukan dengan penentuan Indeks Permukaan (IP).
- 5) Pemeriksaan Lendutan dengan metode *Benkelman Beam*.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui pertumbuhan volume lalu lintas di jalan Worang Bypass.
- 2) Mengetahui kondisi lingkungan di ruas jalan Worang Bypass.
- 3) Mengetahui besarnya pengaruh beban lalu lintas dan keadaan lingkungan terhadap penurunan tingkat pelayanan jalan.

#### Manfaat Penelitian

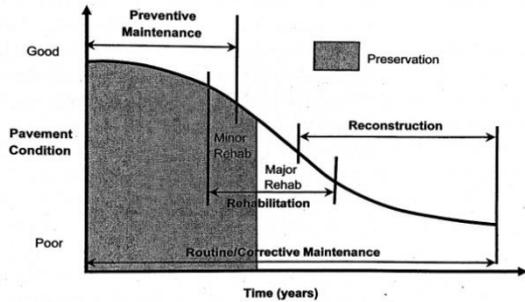
Sebagai bahan masukan kepada pemerintah dalam rangka menentukan prioritas preservasi jalan dalam mengantisipasi kendala keterbatasan anggaran.

## LANDASAN TEORI

#### Kinerja Perkerasan

Kinerja perkerasan jalan adalah merupakan fungsi dari kemampuan relative dari perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam suatu periode tertentu. (*Highway Research Board, 1962*). Kinerja perkerasan jalan ditentukan berdasarkan persyaratan kondisi fungsional dan kondisi struktural.

- **Kondisi Fungsional** menyangkut kerataan, kekesatan permukaan perkerasan. Kinerja perkerasan lentur secara fungsional dapat dinyatakan dalam ;
  - a) Indeks Permukaan (IP) / *Present Serviceability Index*
  - b) Indeks kondisi jalan(RCI) / *Road Condition Index*
- **Kondisi Struktural** menyangkut kekuatan atau daya dukung perkerasan, sedangkan dalam melayani beban dan volume lalu lintas digunakan untuk membantu dalam penentuan penanganan dalam kegiatan penyelenggaraan jalan (*Hicks and Mahoney, 1981*).



Gambar. Hubungan Antara Kondisi dan Kategori Perawatan Perkerasan (sumber: *Pavement Management Guide AASHTO 2012*)

Dari gambar hubungan antara kondisi dan kategori perawatan perkerasan menjelaskan bahwa kinerja perkerasan jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan, dan untuk menjaga agar kondisi perkerasan tetap memberikan fungsi pelayanan yang baik maka perlu adanya perawatan atau pemeliharaan. Aktifitas preservasi mencakup *preventive maintenance* dan *minor rehabilitation* kedua aktifitas pemeliharaan tersebut hanyabberfokus pada perbaikan fungsional, sedangkan perbaikan struktural masuk pada kategori *rehabilitation* dan *reconstruction* sedangkan perawatan rutin dapat dilakukan kapan saja sepanjang umur rencana jalan.

**Indek Permukaan (IP)**

Indeks Permukaan digunakan sebagai ukuran dasar dalam menentukan nilai perkerasan jalan ditinjau dari kepentingan lalu lintas serta untuk menyatakan nilai dari kerataan/kehalusan dan kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Indeks Permukaan diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi: kerusakan-kerusakan seperti retak-retak, alur-alur, lubang-lubang, lendutan pada lajur roda, kekasaran permukaan dan lain sebagainya terjadi selama umur jalan tersebut. Beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut:

Tabel Tingkat Fungsi Pelayanan Jalan

Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
4-5	Sangat Baik
3-4	Baik
2-3	Cukup
1-2	Kurang
0-1	Sangat Kurang

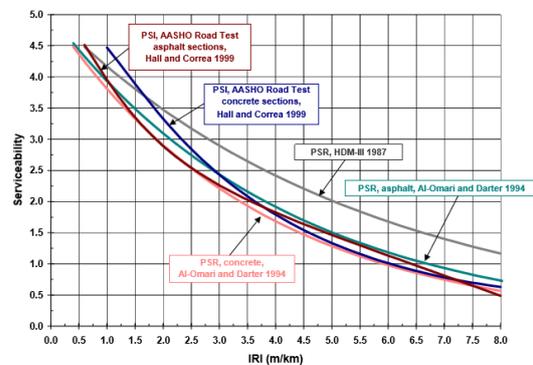
Sumber : Sukirman 1992

**International Roughness Index (IRI)**

IRI adalah parameter kekerasan perkerasan jalan yang dihitung berdasarkan naik-turunnya permukaan jalan pada arah profil memanjang jalan dibagi dengan panjang permukaan jalan yang diukur (Paterson, 1987). Nilai IRI dapat diperoleh melalui survei kondisi permukaan jalan dengan menggunakan metode NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*).

**Hubungan Nilai IRI dengan Indeks Permukaan**

Untuk mendapatkan nilai hubungan antara IRI dan Indeks Permukaan (IP) dapat ditentukan melalui Grafik yang dikeluarkan oleh *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) tahun 2001.



Gambar Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI

Sumber : *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) 2001

**Lendutan dengan Benkelman Beam (BB)**

Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan balik. Nilai lendutan tersebut harus dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton). Besarnya lendutan balik adalah sesuai Rumus berikut.

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB}$$

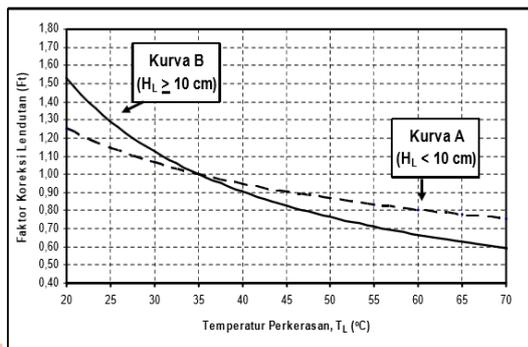
Keterangan :

$d_B$  = lendutan balik (mm)

$d_1$  = lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran

$d_3$  = lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran

Ft = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35°C, didapat dari tabel di bawah ini



(Kurva A  $H_L < 10$  cm dan Kurva B untuk  $H_L \geq 10$  cm) atau pun dengan rumus:

$$= 4,184 \times T_L^{-0,4025} \text{ untuk } H_L < 10 \text{ cm}$$

$$= 14,785 \times T_L^{-0,7573} \text{ untuk } H_L \geq 10 \text{ cm}$$

(MDP 2017)

MAPT

$T_L$  = temperature lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan atau dapat diprediksi dari temperature udara, yaitu:

$$T_L = 1/3 (T_p + T_t + T_b)$$

Keterangan:

$T_p$  = temperatur permukaan lapis beraspal

$T_t$  = temperatur tengah lapis beraspal

$T_b$  = temperatur bawah lapis beraspal

$Ca$  = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,2 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah

= 0,9 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi.

FKB-BB = faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB).

$$= 77,343 \times (\text{Beban Uji dalam ton})^{(-2,0715)}$$

Cara pengukuran lendutan balik mengacu pada SNI 03-2416-1991 (Metoda Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam). akan berlaku dalam kondisi adanya variabel-variabel bebas tertentu.

**Analisa Lendutan**

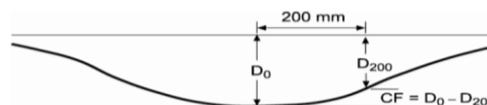
Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan hanya berlaku untuk struktur perkerasan dengan lapis pondasi granular, sedangkan untuk lapis pondasi bersemen tidak tersedia formula serta grafik-grafiknya, juga hanya berlaku untuk lendutan balik (tidak terdapat formula untuk metode titik belok) dan berbagai kendala lainnya. Berdasarkan Bina Marga 2011, prosedur pengukuran dilakukan

dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB). *Benkelman Beam* merupakan alat untuk mengukur lendutan balik, lendutan langsung dan titik belok perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan. Pengukurang dengan alat *Benkelman Beam* memerlukan beberapa data tambahan dan mengalami perubahan titik pengamatan yang sedikit berbeda dengan prosedur yang umumnya dilakukan, sebagaimana tersebut di bawah ini:

1. Titik awal (sebelum truk bergerak)
2. Titik kedua (bergerak sejauh 20 cm) untuk mencari *curvature function* (bentuk mangkuk dari suatu lengkung deformasi) sebagaimana ditunjukkan pada gambar
3. Titik ketiga (bergerak maju sejauh 6 m).

Keterangan:

- a. Lendutan maksimum (D maks) diambil dari lendutan balik maksimum (*maximum rebound deflection*) pada  $X_1 = 6$  m.
- b. *Curvature Function* (bentuk mangkuk) diwakili oleh selisih antara “D maks” dan “D pada 20 cm” pada  $X_2 = 20$  cm
- c. Gambar ini tanpa skala, “D pada 20 cm” ditunjukkan oleh  $D_1$  atau  $D_2$  (tergantung arah pergerakan dari truk sebagaimana bentuk mangkuk terjadi).



Gambar Fungsi Lengkung Lendutan (sumber ;Manual Desain Perkerasan 2013)

**Analisis Volume Lalu Lintas**

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

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k

**Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor).**

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Untuk nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Dit. Nias Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	P. Arah	S. Arah	
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
GA	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55
GB	4.5	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.8	8.5	3.4	4.7	4.9	9.0	2.9	4.0	3.0	4.0	2.5	3.0	3.0
TA1	18.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	9.9	18.3	4.1	5.3	7.2	11.4	4.9	6.7	-	-	-	-	-
TA2	18.5	20.0	4.3	5.6	10.2	19.0	4.3	5.6	9.6	17.7	4.2	5.4	9.4	19.1	3.8	4.8	4.9	9.7	3.9	6.0	6.0
7B1	-	-	-	-	11.8	18.2	9.4	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13.7	21.8	12.6	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15.9	29.5	7.0	9.6	11.0	19.8	7.4	9.7	11.7	20.4	7.8	10.2	13.2	25.5	6.5	8.8	14.0	11.9	10.2	8.0	8.0
7C2A	19.8	39.8	6.1	8.1	17.7	33.0	7.6	10.2	8.2	14.7	4.8	5.2	20.2	42.0	6.6	8.5	-	-	-	-	-
7C2B	20.7	42.8	6.1	8.0	13.4	24.2	6.5	8.5	-	-	-	-	17.8	28.8	9.3	13.5	-	-	-	-	-
7C3	24.5	51.7	6.4	8.0	18.1	34.4	6.1	7.7	13.5	22.9	9.8	15.0	28.7	59.6	6.9	8.8	-	-	-	-	-

Sumber:MDP2017

**Faktor pertumbuhan Lalu Lintas**

Pertumbuhan lalu lintas adalah pertambahan atau perkembangan lalu lintas dari tahun ke tahun selama umur rencana. Terjadinya pertambahan atau perkembangan lalu lintas didasari oleh beberapa factor seperti ;

1. Perkembangan daerah tersebut
2. Bertambahnya kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut.
3. Naiknya keinginan untuk memiliki kendaraan pribadi.

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

Tabel Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) %

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan (%)	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural (%)	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa (%)	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Manual Desain 2017)

Perhitungan pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan menggunakan Rumus :

$$R = \frac{(1+0.01i)^{UR}-1}{0.01i}$$

Dimana:

R =Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas

i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan (%)

UR= Umur Rencana (Tahun)

**Lalu lintas pada Lajur Rencana**

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasilokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu..

Tabel Distribusi Lajur(D<sub>i</sub>)

Jumlah lajur per arah	% beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber: MDP 2017

**Beban Sumbu Standar Kumulatif (MDP 2017)**

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut: Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dengan:

ESAT<sub>H-1</sub>: kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (equivalent standard axle) pada tahun pertama.

LHR<sub>JK</sub> : lintas harian rata–rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF<sub>JK</sub> : Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga

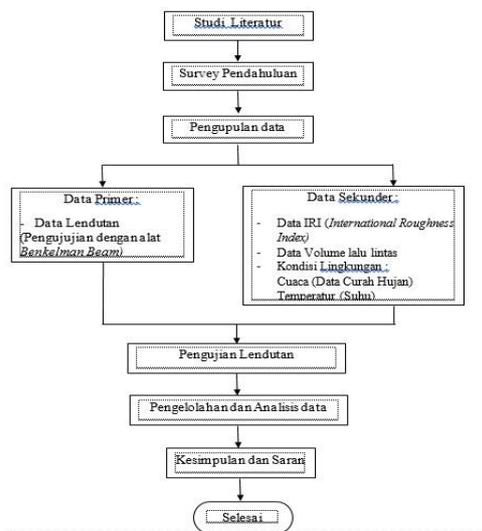
DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur

CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif .

## METODOLOGI PENELITIAN



Metode pengelolaan data yang dilakukan, yaitu:

1. Berdasarkan data volume lalu lintas yang diperoleh dari P2JN (Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional) Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XI SULUT, dilakukan perhitungan Kumulatif Beban Sumbu Standar atau *Cummulative Equivalent Standar Axle Load* (CESA) berdasarkan rumus MPD 2017. Kendaraan seperti sepeda motor, sedan, jeep, St Wagon, pick up, Combi, Mikro Truck, mobil hantaran dan bus kecil tidak dimasukkan dalam perhitungan karena faktor perusak atau *Vehicle Damage Faktor* (VDF) kendaraan-kendaraan tersebut sangat kecil sehingga dianggap tidak memberikan dampak yang besar terhadap kerusakan pada perkerasan. Dan nilai VDF untuk masing-masing kendaraan niaga berdasarkan ketentuan yang ada pada table VDF
2. Pengujian lendutan dengan metode Benkelman Beam bertujuan untuk mengetahui apakah lendutan menjadi pemicu terhadap penurunan indeks permukaan pada ruas jalan Worang Bypass atau tidak, jika melalui hasil perhitungan tidak menunjukkan lendutan sebagai pemicu pada penurunan indeks permukaan maka pengamatan mengenai penurunan indeks permukaan dapat dilakukan melalui pengamatan pada nilai IRI.

Untuk mendapatkan nilai lendutan balik dan nilai CF diperoleh dari survei dengan menggunakan alat *Benkelman Beam*. Pada

survei yang dilakukan di dapatkan nilai  $d_{200}$  (untuk perhitungan CF) dan  $d_{maks}$  (untuk lendutan balik). Sebelum menghitung lendutan balik dan nilai CF diperlukan koreksi terhadap faktor musim dan faktor koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji. Untuk rumus-rumus ketentuan yang digunakan berdasarkan pada Pd T-05-2005-B seperti pada di bawah ini :

- Faktor musim ( $C_a$ ) diambil 1.2 karena pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau
- Faktor temperature ( $F_t$ ):  

$$\frac{MAPT}{\text{Temperatur aspal pada saat pengukuran}}$$
- Temperature lapis beraspal ( $T_L$ ) :  

$$1/3 (T_p + T_1 + T_b)$$

Dengan:

- $T_p$  : Temperatur permukaan lapis beraspal
- $T_1$  : Temperatur tengah lapis beraspal
- $T_b$  : Temperatur bawah lapis beraspal
- Faktor Koreksi Temperatur : Lihat Gambar koreksi temperatur
- $FK_{B-BB}$  = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)  

$$= 77,343 \times (\text{Beban Uji dalam Ton})^{(2,0715)}$$

Ketika lendutan telah terkoreksi maka lendutan balik dan nilai CF dapat dihitung. Untuk perhitungan lendutan balik digunakan rumus seperti di bawah ini:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times F_t \times C_a \times FK_{B-BB}$$

Dengan :

- $d_B$  = Lendutan Balik (mm)
- $d_1$  = Lendutan pada saat beban tepat berada pada titik pengukuran
- $d_3$  = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran
- $F_t$  = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperature standar
- $C_a$  = Faktor Musim
- $FK_{B-BB}$  = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)

Sedangkan untuk perhitungan nilai CF hampir sama dengan perhitungan lendutan balik, yang berbeda hanyalah pengurangan antara  $d_3$  dan  $d_1$  diganti dengan  $d_3$  dan  $d_2$ , seperti pada rumus di bawah ini :

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_2) \times F_t \times C_a \times FK_{B-BB}$$

Dengan :

- $d_2$  = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 20 cm dari titik pengukuran
  - $d_3$  = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran
3. Menentukan nilai Indeks Permukaan (IP) dari nilai IRI dilihat dari grafik hubungan antara Indeks Permukaan dan IRI yang dikeluarkan oleh *National Cooperative Highway Research Program 2001 (NCHRP)* Gambar 2.3 untuk mengetahui pengaruh beban lalu lintas terhadap penurunan indeks permukaan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Volume Lalu Lintas

Data survei volume lalu lintas pada ruas jalan Worang Bypass didapat dari P2JN (Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional) Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XI SULUT yang merupakan data tahun 2017. Data survei volume lalu lintas pada ruas jalan Worang Bypass dengan 2 lajur, 2 arah seperti dibawah ini :

Bus Besar	276 kend/hari
Truck 2 sumbu - cargo ringan	229 kend/hari
Truck 3 sumbu – ringan	615 kend/hari
Truck 2 sumbu – cargo sedang	562 kend/hari
Truck 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	76 kend/hari
Truck 4 sumbu-trailer	7 kend/hari

#### Perhitungan Beban Sumbu Standart Kumulatif (CESA) berdasarkan Bina Marga (Manual Desain Perkerasan (MDP)) 2017

Tabel Lalu lintas Harian dan Tahunan Ruas Jalan Worang Bypass tahun 2018

Golongan	JENIS KENDARAAN	VOLUME KENDARAAN (Kend/hari)	FAKTOR PERTUMBUHAN (%)	FAKTOR PENGALIRAN R	LHR Kend/hari	LHRT Kend/hari
5b	Bus Besar	278	4.75	1.00	278	101,470
6a	Truk 2 sumbu - cargo ringan	229	4.75	1.00	229	83,585
6b	Truk 2 sumbu - cargo sedang	562	4.75	1.00	562	205,130
7a	Truk 3 sumbu - ringan	615	4.75	1.00	615	224,475
7b	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2	76	4.75	1.00	76	27,740
7c	Truk 4 sumbu - Trailer	7	4.75	1.00	7	2,555

Kendaraan seperti sepeda motor, sedan, jeep, St Wagon, pick up, Combi, Mikro Truck, mobil hantaran dan bus kecil tidak dimasukkan dalam perhitungan karena factor peruska atau *Vehicle Damage Faktor (VDF)* kendaraan-kendaraan tersebut sangat kecil sehingga dianggap tidak memberikan dampak yang besar terhadap kerusakan pada perkerasan.

Tabel Analisa CESA Ruas Jalan Worang Bypass Pada Tahun Pertama Setelah Jalan di Overlay

Golongan Kendaraan	JENIS KENDARAAN	LHRT	VDF PANGKAT 5	CESAL ^5
Gol 5 B	Bus Besar	1,261,484.29	1.00	630,742
Gol 6A1	Truck 2 as (L)	1,039,136.34	0.55	285,762
Gol 6B 1.1	Truck 2 as (L)	2,550,194.85	4.00	5,100,390
Gol 7 A 1	Truck 3 as	2,790,693.65	6.70	9,348,824
Gol 7 B	Truck Semi Trailer	344,866.21	-	0
Gol 7 C 1	Truck Trailer	31,763.99	8.80	139,782
Gol 7 C2.1	Truck Trailer	-	8.50	0
Gol 7 C2.2	Truck Trailer	-	13.50	0
Gol 7 C 3	Truck Trailer	-	8.80	0
CESAL PANGKAT 5 (Kend./Thn)				15.51 x 10 <sup>6</sup>

Pada perhitungan table di atas diperoleh nilai total CESA sebesar 1.250.000 untuk tahun pertama setelah jalan dioverlay yaitu tahun 2018, dan untuk nilai VDF setiap kendaraan diambil sesuai dengan nilai yang telah ditentukan pada table VDF. Selanjutnya untuk menghitung CESA pada akhir umur rencana 10 tahun, perhitungan dilakukan seperti perhitungansebelumnya dan hasil perhitungan CESA pada akhir umur rencana yaitu tahun 2027 ditampilkan pada table di bawah ini.

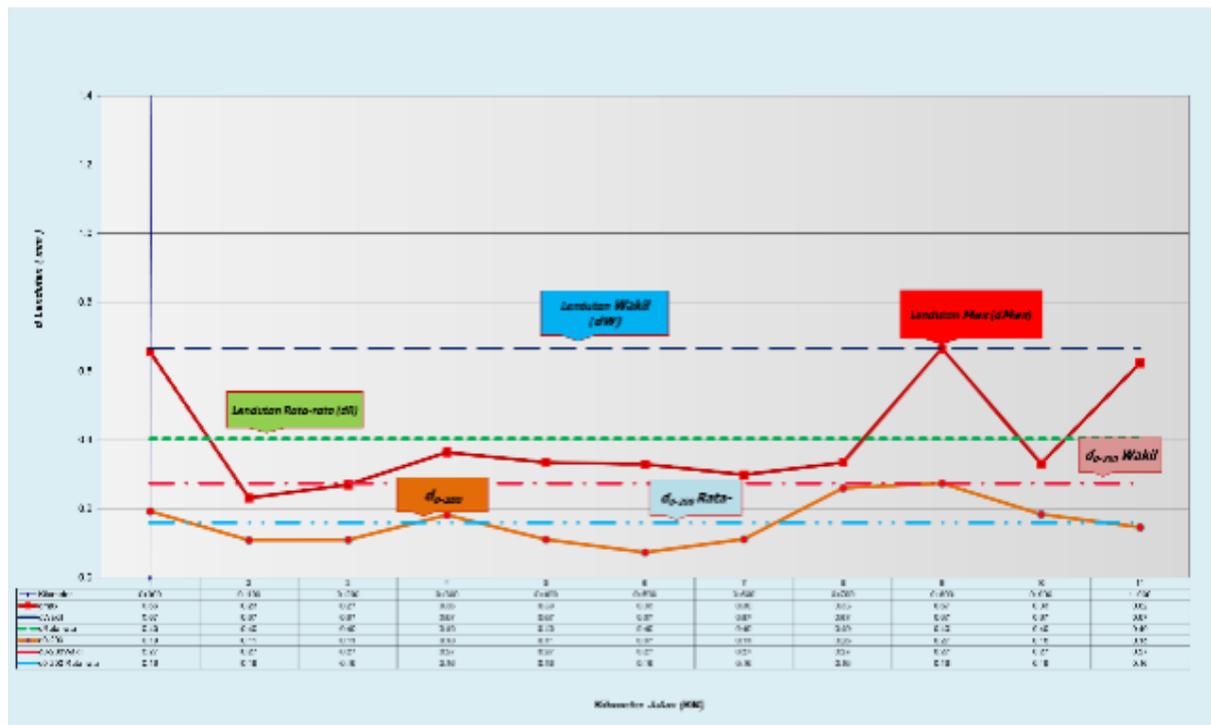
NO	Tahun	CESA ^5
1	2018	1.250.000
2	2019	2.250.000
3	2020	3.920.000
4	2021	5.360.000
5	2022	6.860.000
6	2023	8.430.000
7	2024	10.080.000
8	2025	11.800.000
9	2026	13.610.000
10	2027	15.510.000

#### Analisa Lendutan

Perhitungan Lendutan dikerjakan berdasarkan Pd T-05-2005-B mengenai Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metoda Lendutan, dimana pengujian lendutan menggunakan alat *Benkelman Beam (BB)*.

Hasil pengujian:

: Kauditan (By Pass) - Airmadidi		: KM/Sta. 00+000 s/d 01+000		: KEMARAU		MAPT <sub>Lap</sub>		= 41 °C											
Kilometer	Beban Uji (Ton)	Tebal Aspal (mm)	Lendutan Balik (BB) (mm)			Temperatur (°C)						Faktor Temperatur (F)	Faktor Koreksi pada Temperatur (Dari Grafik)	Koreksi Musim (C <sub>m</sub> )	Koreksi Beban (F <sub>K<sub>be</sub></sub> )	Lendutan Terkoreksi (mm)		Curvature Function / CF (mm)	
			d <sub>max</sub>	d <sub>20</sub>	d <sub>base (10mm)</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>					T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>
23+700	7.84	15.00	0.00	0.05	0.12	21.60	24.80	46.40	25.90	23.80	24.833	1.651	1.480	1.20	1.086	0.463	0.656	0.193	0.193
23+800	7.84	15.00	0.00	0.03	0.06	25.00	23.40	48.40	28.30	26.15	25.950	1.580	1.400	1.20	1.086	0.219	0.231	0.109	0.109
23+900	7.84	15.00	0.00	0.03	0.07	24.80	22.90	47.70	27.40	25.25	25.183	1.628	1.403	1.20	1.086	0.256	0.270	0.110	0.110
24+000	7.84	15.00	0.00	0.05	0.10	25.90	29.50	55.40	27.50	25.50	27.500	1.491	1.397	1.20	1.086	0.364	0.364	0.182	0.182
24+100	7.84	15.00	0.00	0.03	0.05	25.30	22.30	47.60	26.90	24.70	24.633	1.664	1.425	1.20	1.086	0.186	0.334	0.111	0.111
24+200	7.84	15.00	0.00	0.02	0.09	25.80	22.00	47.80	27.24	25.14	24.793	1.654	1.405	1.20	1.086	0.330	0.330	0.073	0.073
24+300	7.84	15.00	0.00	0.01	0.04	24.00	23.80	47.80	26.40	24.25	24.817	1.652	1.435	1.20	1.086	0.150	0.299	0.037	0.037
24+400	7.84	15.00	0.00	0.03	0.08	24.00	23.80	47.80	26.40	24.25	24.817	1.652	1.435	1.20	1.086	0.299	0.299	0.112	0.112
24+500	7.84	15.00	0.00	0.07	0.17	24.10	23.15	47.25	24.20	21.90	23.083	1.776	1.502	1.20	1.086	0.666	0.666	0.274	0.274
24+600	7.84	15.00	0.00	0.01	0.06	24.60	22.80	47.40	26.90	24.70	24.800	1.653	1.412	1.20	1.086	0.221	0.331	0.037	0.037
24+700	7.84	15.00	0.00	0.04	0.17	24.90	22.50	47.40	27.10	25.00	24.867	1.649	1.406	1.20	1.086	0.623	0.623	0.147	0.147
24+800	7.84	15.00	0.00	0.04	0.14	24.90	22.50	47.40	27.10	25.00	24.867	1.649	1.406	1.20	1.086	0.513	0.513	0.147	0.147
<b>Ruas Jalan Kauditan (Bypass)-Airmadidi</b>																			
Dari KM.																			
Jumlah																			
Lendutan Rata-rata (DR)																			
23+700																			
Jumlah Titik (ns)																			
Ke KM.																			
Devias Standar (S)																			
Faktor Keseragaman (FK)																			
24+700																			
Kondisi Keseragaman Data																			
Tidak Baik																			
Tidak Baik																			
Lendutan Wakil																			
0.666																			
Arteri																			
0.274																			
Arteri																			

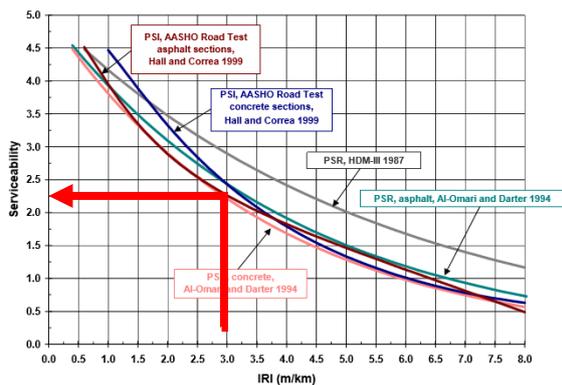


Nilai IRI Ruas Jalan Worang Bypass

Berdasarkan data IRI yang diperoleh dari Core Team P2JN, nilai IRI Ruas Jalan Worang Bypass sebanyak 72 titik dan pengamatan dilakukan setiap 100 m untuk mendapatkan nilai IRI. Ruas Jalan Worang Bypass yang memiliki nilai IRI rata-rata 3.2 m/km.

Hubungan Nilai IRI dengan Indeks Permukaan

Untuk mendapatkan nilai hubungan antara IRI dan Indeks Permukaan (IP) dapat ditentukan melalui grafik yang dikeluarkan oleh National Cooperative Highway Research Program 2001 (NCHRP), seperti berikut ini:



Dengan mengambil nilai rata-rata dari nilai IRI Ruas Jalan Worang Bypass kemudian diplot pada grafik, maka akan menghasilkan angka Indeks Permukaan (IP) pada Ruas Jalan Worang Bypass sebesar 2,2.

### Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Kinerja Perkerasan

Akibat dari beban lalu lintas yang melintasi ruas jalan Worang Bypass yang terus bertambah disetiap tahunnya maka ruas jalan tersebut mengalami penurunan indeks permukaan (IP), dimana untuk tahun pertama setelah jalan dioverlay yaitu pada tahun 2018 jumlah lalu lintas yang melintasi ruas jalan tersebut sebesar 1.250.000. Indeks Permukaan ruas jalan tersebut sudah berada pada angka 2,2 yang menyatakan fungsi pelayanan yang cukup, sehingga jika ruas jalan Worang Bypass tidak mendapatkan perawatan maka diperkirakan IP pada akhir umur rencana akan mencapai angka 0 yang menyatakan fungsi pelayanan yang sangat kurang.

### Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Kinerja Perkerasan

Dari data curah hujan 5 tahun terakhir yang diperoleh melalui Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dapat dilihat dalam data tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan curah hujan pada lokasi penelitian (Ruas Jalan Worang Bypass – Minahasa Utara) dimana tingkat curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2016 350 mm dan 2017 sebesar 250 mm, berdasarkan pengamatan dilapangan didapati bahwa ruas jalan Worang Bypass tidak diperlengkapi dengan sistem drainase yang baik sehingga hal ini mengakibatkan terjadinya genangan-genang air di beberapa tempat pada ruas jalan Worang Bypass pada musim hujan. Akibat dari genangan air yang terlalu lama maka air akan merembes kedalam struktur perkerasan sehingga memperlemah ikatan antara agregat dan aspal

yang mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan pada saat menerima beban lalu lintas.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Melalui perhitungan *Cummulative Equivalent Standar Axle Load* (CESAL) diperoleh hasil yang menunjukkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan Worang Bypass selama umur rencana 10 tahun.
2. Kondisi lingkungan pada ruas jalan Worang Bypass memiliki intensitas hujan yang tinggi sebesar 200 mm – 330mm pertahunnya, dan terjadi peningkatan curah hujan untuk 2 tahun terakhir yaitu pada tahun 2016 dan tahun 2017 sesuai data curah hujan yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Selain intensitas curah hujan yang tinggi kondisi lingkungan pada ruas jalan Worang Bypass tidak memiliki sistem drainase yang baik sehingga mengakibatkan terjadinya genangan air pada saat musim hujan.
3. Ruas jalan Worang Bypass terakhir dioverlay pada tahun 2017 dan memiliki Indeks Permukaan awal ( $IP_0$ ) 4,2 dan Indeks Permukaan Akhir ( $IP_t$ ) 1,5, namun berdasarkan hasil penelitian hanya selang satu tahun setelah jalan dioverlay ruas jalan Worang Bypass telah mengalami penurunan Indeks Permukaan yaitu pada tahun 2018 dengan beban lalu lintas sebesar 1.250.000 Indeks Permukaan pada ruas jalan tersebut sudah mencapai angka 2,2 yang menyatakan fungsi pelayanan yang cukup sehingga pada akhir umur rencana dengan beban lalu lintas sebesar 15.510.000 diperkirakan  $IP_t$  akan berada pada angka 0 yang menyatakan fungsi pelayanan yang sangat kurang. Dan berdasarkan penelitian dan pengamatan yang dilakukan, penurunan tingkat pelayanan pada ruas jalan Worang Bypass terjadi tidak hanya disebabkan oleh beban lalu lintas yang terus bertambah disetiap tahunnya, kondisi lingkungan yang kurang baik juga turut serta memberikan dampak terhadap penurunan tingkat pelayanan pada ruas jalan Worang Bypass.

### Saran

1. Perlu adanya tinjauan kembali mengenai pengendalian muatan pada kendaraan dalam hal ini jembatan timbang agar kendaraan berserta muatannya dapat terpantau dengan

baik sehingga kendaraan beserta dengan berat muatan yang melintasi ruas jalan Worang Bypass dapat diketahui dengan akurat, mengingat ruas jalan Worang Bypass merupakan ruas jalan penghubung antar dua kota besar di Sulawesi Utara yaitu Manado dan Bitung sehingga banyak kendaraan besar dengan muatan-muatan berat melintasi ruas jalan ini. Selain itu tinjauan terhadap struktur

perkerasan serta tatacara pengerjaan juga perlu diperhatikan untuk menjaga kerusakan-kerusakan dini yang disebabkan oleh beban lalu lintas dan kondisi lingkungan agar tidak terjadi pengeluaran biaya perbaikan yang tidak tidak diharapkan.

2. Perlu adanya perhatian lebih terhadap kondisi lingkungan pada ruas jalan Worang Bypass khusus pada bagian sistem drainase.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2012. *Pavement Management Guide*: 444 North Capitol Street NW, Suite 249, Washington DC.
- Departemen Pekerjaan Umum (Pd T-05-2005-B), Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Ledutan balik.
- Departemen Pekerjaan Umum, SKBI (1987), Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.
- Hick dan Mahoney, 1981, WAPA Asphalt Pavement Guide, Pavement Evaluation, Evaluation Categories.
- Kliewer, J.E, Bell, C.A, and Sosnovske, D.A., 1995, *Investigation of the Relationship Between Field Performance and Laboratory Aging Properties of Asphalt Mixtures*, in Engineering Properties of Asphalt Mixture and the Relationship to their Performance, ASTM STP 1265.
- Lu, Y., P. J., Wright, P.J, Zhou, Y., 2009, *Effect of Temperature and Temperature Gradient on Asphalt Pavement Reasponse*, Road & Transport Research, Vol 18 No.1 pp 19-30, School of Civil Engineering Southwest Jiaotong University Chengdu, 610031, P.R. China
- Morisca, F. (2014), *Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan dan Umur Sisa Jalan, Studi Kasus : PPT. Simpang Nibung dan PPT. Merapi Sumatera Selatan*: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya :Sumatera Selatan.
- Mulyono. A.T.2011, *Kerusakan Jalan di Indonesia Tipologi Penyebab dan Tipe Kerusakan Jalan*, Rapat Koordinasi Teknis Dinas Perhubungan dan LLAJ Provinsi Jawa Timur.
- Robert, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R, Lee, D.Y., Kennedy, T.W., 1991, *Hot Mix Asphalt Material, Mixture Design and Contraction*, NAPA Education Foundation Lanham, Maryland.
- Sepang dan Mourdaphy, 1995. *Peningkatan Muatan Sumbu Kendaraan Truck (axle load) di Lintas Timur Sumatera yang Perlu Diwaspadai dan Ditanggulangi*, Konferensi Regional Teknik Jalan ke-4: Padang.
- Simangunsong Hendrick dan P. Eliza Purnamasari 2014, *Evaluasi Kerusakan Jalan, Studi Kasus : Jalan Dr Wahidin-Kebon Agung Sleman, DIY* : Universitas Atma Jaya Yogyakarta: Jl Babarsari 44 Yogyakarta.
- Widiyansah. D. 2016. *Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kerusakan Dini Pada Jalan Tipe Lentur Berdasarkan Presepsi Stakeholder, Studi Kasus: Ruas Jalan Beraspal Kabupaten Malang Jawa Timur*. Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta