

# EFFECT OF ROAD PAVEMENT DAMAGE ON MAINTENANCE COST AND CONGESTION COST

## PENGARUH TINGKAT KERUSAKAN JALAN TERHADAP BIAYA PEMELIHARAAN DAN BIAYA KEMACETAN

**Bambang E. Yuwono<sup>1)</sup>, Dewi Rintawati<sup>2)</sup>, Supriyono<sup>3)</sup>, Setiawan Sentosa<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup> Researcher, Civil Engineering Department, University of Trisakti, e-mail : [bey\\_trisakti@yahoo.com](mailto:bey_trisakti@yahoo.com)

<sup>2)</sup> Researcher, Civil Engineering Department, University of Trisakti, e-mail: [dewirinta@yahoo.com](mailto:dewirinta@yahoo.com)

<sup>3)</sup> Researcher, Civil Engineering Department, University of Trisakti, e-mail: [supriyono\\_1981@gmail.com](mailto:supriyono_1981@gmail.com)

<sup>4)</sup> Civil Engineering Department, University of Trisakti, e-mail : [ssjackoalltrades@gmail.com](mailto:ssjackoalltrades@gmail.com)

### ABSTRACT

Pavement road deterioration caused a decline in level of service. The fall in the level of road service leads to an escalation of the transportation costs. The high cost of transportation due to pavement road deterioration is caused by an increase in vehicle operating costs and costs resulted from the loss of time, resulting in increases costs of congestion, pollution, and accidents which finally provoke the enhancement of bussiness expenses. Quick and effective response needs to be done in such condition, because pavement road deterioration are always preceded by minor damage (damage on the surface) which were not handled quickly and appropriately. In handling of pavement road deterioration, there has to be a standardized construction method which includes the right sequence of the work, the equipment needed and the material required so the handling could be done correctly and properly according to the type of the pavement road deterioration. Therefore, an exact level of the pavement road deterioration that should be handled, must be found. On the other hand, the longer the pavement road deterioration is not being handled, the higher the losses to the community, such as higher costs of congestion, pollution and accidents. Thus the question arises, for how much the losses to the community exceeds the maintenance cost of the level of the pavement road deterioration. To answer it, a generally applicable optimization model should be developed (with variable input data) that correlates with the road maintenance costs and society losses, as a function of the pavement road deterioration level, so there will be a condition where the maintenance cost will equal with the society losses. This point signifies, that after passing this point, the society losses will exceeds the maintenance costs. The model being developed will be able to be used for all kinds of object of study by changing the input data to the input data to the model.

**Keywords:** road maintenance costs, society losses, road damage

### ABSTRAK

Kerusakan jalan menyebabkan tingkat pelayanan jalan menjadi turun sehingga biaya transportasi tinggi. Kenaikan biaya transportasi terutama kenaikan biaya operasional kendaraan (BOK) dan biaya kehilangan waktu berdampak pada kenaikan biaya kemacetan, biaya penanganan akibat polusi dan biaya kecelakaan. *Quick and effective respons* perlu dilakukan karena jalan yang rusak berat diawali oleh kerusakan ringan (kerusakan permukaan) yang tidak ditangani secara cepat dan tepat. Penanganan kerusakan jalan harus menggunakan metoda pelaksanaan yang baku (urutan pekerjaan, alat dan material yang dibutuhkan) sehingga penanganan yang dilakukan tepat dan sesuai dengan jenis kerusakan jalan tersebut. Di sisi lain, kerusakan jalan tidak segera ditangani mengakibatkan kerugian masyarakat akan biaya kemacetan, biaya penanganan akibat polusi, dan biaya kecelakaan menjadi semakin tinggi. Sehingga timbul pertanyaan, sampai kapan kerugian akan ditanggung oleh masyarakat? Untuk menjawabnya, perlu dikembangkan model optimasi yang berlaku umum (dengan input data yang bervariasi) yang menghubungkan biaya pemeliharaan jalan dan kerugian masyarakat sebagai fungsi dari tingkat kerusakan ringan jalan, sehingga akan ditemukan suatu kondisi di mana biaya pemeliharaan akan sama dengan kerugian masyarakat. Titik ini mempunyai arti bahwa setelah melewati titik tersebut maka kerugian masyarakat akan melampaui biaya pemeliharaan yang akan dikeluarkan. Model yang dikembangkan bisa digunakan untuk semua obyek studi dengan hanya merubah masukan pada model.

**Kata-kata kunci:** biaya pemeliharaan jalan, kerugian masyarakat, kerusakan jalan

## PENDAHULUAN

Menurunnya tingkat pelayanan jalan akibat kerusakan jalan menyebabkan biaya transportasi tinggi sehingga selain mengurangi daya saing produk-produk komoditas juga meningkatkan polusi gas buang, oleh karena itu program preservasi jalan dalam rangka memelihara dan mempertahankan kinerja aset serta menjaga kondisi jaringan jalan yang ada agar tetap dapat berfungsi dan melayani lalu lintas sepanjang tahun selama umur rencana menjadi penting (Wiyono, 2009). Sebagai akibat dari turunnya tingkat layanan jalan akan menyebabkan kenaikan biaya transportasi. Kenaikan biaya transportasi ini diakibatkan secara langsung oleh peningkatan konsumsi bahan bakar, percepatan keausan mesin/rem/kopling/ban, dan peningkatan tingkat pencemaran udara serta peningkatan ketidaknyamanan perjalanan (menurunnya tingkat kecepatan perjalanan) yang menyebabkan stres dan dampak-dampak lanjutannya. Upaya yang bertujuan untuk meningkatkan tingkat layanan jalan akan berdampak positif dalam upaya menciptakan *eco region* karena adanya pengurangan konsumsi bahan bakar, pengurangan tingkat polusi, peningkatan kualitas hidup dengan pengurangan stres di jalan dan akibat-akibat lebih lanjut dari dampak positif tersebut (antara lain pengurangan Biaya Operasi Kendaraan, energi dan waktu) (Yuwono dkk, 2012).

Berdasarkan hasil kajian Tim Pemantauan dan Evaluasi Kebijakan Transportasi Nasional Kantor Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian (2009), dihasilkan rekomendasi usulan program dalam rangka perbaikan mekanisme pengelolaan infrastruktur jalan yaitu penerapan *Quick and Effective Respon* dalam penanganan kerusakan ringan jalan, yaitu sebagian besar jalan yang rusak berat diawali dengan kerusakan ringan jalan (kerusakan permukaan) yang tidak ditangani secara cepat (*quick*) dan tepat (*effective*) sehingga diperlukan *quick and effective respon* (penanganan yang cepat dan tepat untuk menghindari kerusakan dan kerugian yang semakin besar). Hasil penelitian Yuwono dkk (2012) menyimpulkan bahwa:

- a. Jenis dan klasifikasi kerusakan jalan yang memungkinkan dilaksanakannya penanganan *quick and effective respon* adalah jenis kerusakan yang masuk dalam kategori retak dan distorsi.
- b. Pemeliharaan harus dilakukan (mana yang terlampaui terlebih dahulu) yaitu sebelum setengah dari umur rencana dan atau nilai nilai *PSI (Present Serviceability Index) = 38* atau *IRI (International Roughness Index) = 9* atau *RCI (Road Condition Index) = 5*. Hal ini untuk menjawab penanganan yang cepat (*quick respon*).
- c. Penerapan *quick and effective respon* membutuhkan model biaya pemeliharaan, model

biaya kemacetan dan model biaya dampak penanganan polusi yang semuanya merupakan fungsi dari prosentase kerusakan konstruksi jalan agar didapatkan biaya penanganan kerusakan jalan yang optimal untuk menjawab penanganan yang tepat (*effective respon*).

Pramana (2009) telah mengembangkan model regresi kebutuhan biaya pemeliharaan jalan dengan panjang jalan di Kabupaten Karangasem. Model tersebut sangat berguna untuk estimasi secara cepat, namun terbatas pada lokasi tempat dilakukan penelitian. Secara spesifik penelitian ini juga belum dihubungkan dengan tingkat kerusakan jalan, sehingga hubungan antara tingkat kerusakan dengan biaya pemeliharaan jalan belum secara baik dihasilkan khususnya yang dapat berlaku umum.

Sugiyanto (2009) telah melaksanakan penelitian dengan hasil model biaya kemacetan mobil pribadi yang merupakan fungsi dari kecepatan mobil pribadi tersebut, namun model yang dikembangkan tersebut hanya berlaku pada lokasi tempat dilakukan penelitian dan juga belum dikaitkan dengan kerusakan jalan sehingga diperlukan penelitian lanjutan.

Kumalasari dkk (2011) telah melakukan penelitian terkait pengaruh guna lahan terhadap tarikan pergerakan, biaya kemacetan dan biaya kecelakaan. Penelitian ini berupa studi kasus sehingga hanya berlaku pada lokasi tempat dilakukan penelitian, namun sumbangan berharga dari penelitian ini adalah faktor-faktor yang berkontribusi terhadap biaya kemacetan telah terungkap sehingga memungkinkan dikembangkan suatu model biaya kemacetan yang bisa berlaku umum, namun penelitian ini belum menghubungkan antara pengaruh kerusakan jalan dengan kemacetan, sehingga diperlukan penelitian lanjutan.

Pertanyaan penelitian yang diajukan adalah :

- bagaimanakah hubungan antara tingkat kerusakan jalan dengan biaya pemeliharaan jalan?
- bagaimanakah hubungan antara tingkat kerusakan jalan dengan biaya kemacetan?
- kapanakah kondisi yang tepat dilakukan pemeliharaan jalan?

Dengan demikian diperlukan pengembangan kedua model tersebut. Kedua model tersebut merupakan superposisi dari model biaya pemeliharaan dan model biaya kemacetan sebagai dampak dari kerusakan jalan. Titik perpotongan dari kedua model tersebut menghasilkan suatu titik atau kondisi dimana biaya kemacetan sebagai dampak dari kerusakan jalan yang ditanggung masyarakat akan melampaui biaya pemeliharaan jalan. Hal ini berarti bahwa titik tersebut adalah batas maksimum luas kerusakan jalan yang harus sudah ditangani untuk

menjawab arti penanganan kerusakan jalan yang tepat (*effective respon*).

### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang pada akhirnya menemukan titik potong terkait hubungan antara tingkat kerusakan ringan jalan dengan biaya pemeliharaan jalan dengan hubungan antara tingkat kerusakan ringan jalan dengan biaya kemacetan sebagai kerugian masyarakat akibat kerusakan ringan jalan, dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Menyiapkan data panjang dan lebar jalan, kecepatan rata-rata pada jalan tanpa kerusakan, luas kerusakan jalan, volume lalu lintas dan kapasitas jalan.
2. Mempelajari Metode Pelaksanaan Konstruksi untuk pemeliharaan/perbaikan kerusakan ringan jalan, data harga satuan biaya peralatan, kebutuhan dan biaya material dan upah tenaga kerja.
3. Menghitung BOK (Biaya Operasional Kendaraan) baik pada saat jalan tanpa kerusakan dan pada saat jalan dengan berbagai tingkat kerusakan.
4. Mengembangkan aplikasi *MS-Excel* untuk berbagai data di atas.
5. Menghitung biaya pemeliharaan/perbaikan kerusakan ringan jalan dan biaya kemacetan/kerugian masyarakat untuk berbagai tingkat kerusakan jalan.
6. Membuat grafik hubungan antara berbagai tingkat kerusakan ringan jalan dengan biaya pemeliharaan/perbaikan kerusakan ringan jalan dan biaya kemacetan/kerugian masyarakat.

Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air tanah atau air hujan, serta mutu awal produk jalan yang kurang baik. Kerusakan jalan berskala ringan (tidak menimbulkan lubang) antara lain (Yuwono, 2012) :

1. Retak (*cracking*), menurut Bina Marga ada beberapa macam jenis retak :
  - retak halus (*hair cracking*),
  - retak kulit buaya (*alligator crack*),
  - retak pinggir (*edge crack*),
  - retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*),
  - retak sambungan lajur (*lane joint crack*),

- retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*),
- retak refleksi (*reflection crack*),
- retak susut (*shrinkage crack*), dan
- retak slip (*slippage crack*),

2. Distorsi, menurut Bina Marga ada beberapa macam jenis distorsi:

- alur (*rut*),
- keriting (*corrugation*),
- sungkur (*shoving*),
- amblas (*grade depressions*), dan
- jembul (*upheaval*).

### Metode Pelaksanaan Konstruksi

Metode pemeliharaan/perbaikan untuk penutupan retak dan untuk penambalan lubang yang digunakan didasarkan pada Manual Pemeliharaan Rutin Untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi". Departemen Pekerjaan Umum (Martakim, 1995).

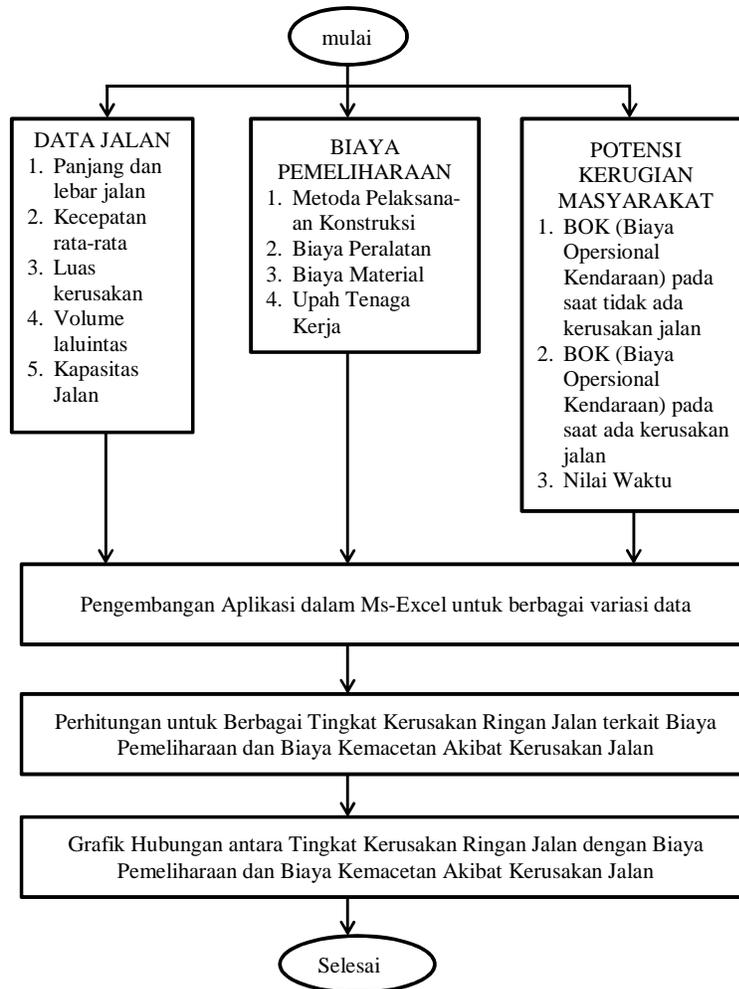
### Kecepatan dan Waktu Tempuh

Waktu tempuh adalah waktu rata-rata yang digunakan kendaraan menempuh segmen jalan dengan panjang tertentu, termasuk semua tundaan dan waktu berhenti dinyatakan dalam satuan waktu. Kecepatan perjalanan adalah kecepatan rata-rata antara dua titik tertentu yang ditentukan berdasarkan jarak perjalanan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan, termasuk tundaan yang dialami selama perjalanan dalam km/jam (Anonim, 1997).

Kecepatan perjalanan yang rendah menyebabkan biaya operasi kendaraan meningkat. Beberapa faktor yang menyebabkan kecepatan perjalanan rata-rata rendah adalah:

1. Lalu lintas harian dan volume jam puncak tinggi
2. Kondisi fisik, geometri dan lingkungan jalan
3. Komposisi kendaraan berat cukup besar
4. Aktifitas tata guna lahan sepanjang koridor jalan yang banyak memanfaatkan badan jalan dan adanya jalan-jalan akses ke jalan utama, sehingga dapat menghambat perjalanan.

Secara umum kecepatan kendaraan dapat dibagi menjadi kecepatan pada jalan yang tidak rusak dan kecepatan pada jalan rusak ringan, yang akan berpengaruh kepada BOK pada kondisi jalan tidak rusak dan jalan rusak ringan.



Gambar 1. Bagan alir metode penelitian

### Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Secara teoritis biaya operasi kendaraan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yaitu kondisi dan jenis kendaraan, lingkungan, kebiasaan pengemudi, kondisi jalan dan arus lalu lintas. Dalam prakteknya biaya tersebut diestimasi untuk jenis-jenis kendaraan yang mewakili golongannya dan dinyatakan dalam satuan manometer per satuan jarak (Rp/km).

Biaya Operasi Kendaraan terdiri dari dua komponen utama yaitu biaya tidak tetap (*variable cost* atau *running cost*), dan biaya tetap (*standing cost* atau *fixed cost*), yang secara rinci terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut (Saktianto, 2012) :

1. Biaya tidak tetap, terdiri dari:
  - a. Konsumsi bahan bakar
  - b. Konsumsi minyak pelumas
  - c. Konsumsi suku cadang
  - d. Upah tenaga pemeliharaan
  - e. Konsumsi ban

2. Biaya tetap, terdiri dari:
  - a. Depresiasi kendaraan
  - b. Bunga modal
  - c. *Overhead*

### Penambahan Biaya Pemakai Jalan

Penambahan biaya pemakai jalan adalah berupa peningkatan biaya pemakai jalan yang terdiri dari peningkatan biaya operasi kendaraan dan peningkatan nilai waktu perjalanan. Besarnya penghematan kedua komponen tersebut dapat dihitung berdasarkan rumus di bawah ini:

$$PB = (BOK_r \times D_r - BOK_n \times D_n) + \{ (D_r/V_r - D_n/V_n) \times T_v \} \quad (1)$$

dengan:

PB = penambahan biaya pengguna jalan (Rp/jam)

BOK<sub>n</sub> = biaya operasi kendaraan di jalan normal (Rp/jam)

$BOK_r$  = biaya operasi kendaraan di jalan rusak (Rp/jam)  
 $D_n$  = panjang jalan normal (km)  
 $D_r$  = panjang jalan rusak (km)  
 $V_n$  = kecepatan di jalan normal (km/jam)  
 $V_r$  = kecepatan di jalan rusak (km/jam)  
 $T_v$  = nilai waktu kendaraan (Rp/jam)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Menggunakan alur seperti pada Gambar 1 dan menggunakan data sekunder yang didapatkan dari hasil survai Saktianto (2012), dengan beberapa tambahan, dikembangkanlah program aplikasi Ms Excel sehingga dengan cepat dapat dihitung untuk berbagai tingkat kerusakan ringan jalan terkait dengan biaya pemeliharaan/perbaikan kerusakan ringan jalan dan biaya kemacetan/kerugian masyarakat akibat adanya kerusakan ringan jalan.

Tabel 1. Data kondisi jalan

a. Nama ruas	: Ciasem – Pemanukan
b. Provinsi	: Jawa Barat
c. Panjang efektif	: 1 km
d. Jenis jalan	: 4/2 D
e. Volume jalan	: 1358.5 kend/jam
f. Kapasitas jalan	: 2946,86 kend/jam
g. Kecepatan rata-rata	: 49,016 km/jam
h. Kondisi Jalan(IRI)	: 5

Tabel 2. Harga satuan biaya pekerja

Jenis Pekerja	Harga Satuan (Rp/hari)
Mandor	102.300
Operator	102.300
Pekerja	67.000
Mekanik	79.000

Tabel 3. Harga satuan bahan

Jenis Bahan	Harga Satuan	Satuan
Aspal Emulsi	10.000	Rp/L
Pasir	257.600	Rp/m <sup>3</sup>
Agregat Kelas A	257.600	Rp/m <sup>3</sup>
Agregat Aspal Dingin	257.600	Rp/m <sup>3</sup>

Tabel 4. Harga satuan alat

Jenis Alat	Harga Satuan (Rp/Jam)
<i>Flat Bed Truck</i> dengan <i>Crane</i>	302.500
<i>Dump Truck</i>	100.000
<i>Air Compressor</i>	145.000
<i>Baby Roller</i>	400.000
<i>Concrete Mixer</i>	750.000
<i>Vibrating Plate Tamper</i>	45.000
<i>Vibrating Rammer</i>	65.000
<i>Vibrating Roller</i>	50.000
<i>Trailer</i>	100.000
<i>Asphalt Sprayer</i>	45.000
<i>Pick Up Truck</i>	100.000
Alat Bantu & Rambu	25.000
<i>Generator Set</i>	255.000

Tabel 5. Volume kendaraan

Jenis kendaraan	Arah Survai		Jumlah (Kend/jam)
	C - P	P - C	
LV (Ringan)	604,31	395,24	999,55
Sedang, jeep	205,49	134,38	339,86
Mini Bus	253,79	166,01	419,8
Mini Box	145,03	94,85	239,88
MHV (Berat-Menengah)	243,63	259,04	502,67
Bus Kecil	27,33	30,14	57,47
Truk 2 sumbu (4 roda)	116,54	128,41	244,96
Truk 2 sumbu (6 roda)	99,76	100,48	200,24
LT(Truk Besar)	84,19	92,97	177,16
Truk 3 sumbu	57,42	60,45	117,87
Truk Gandeng	4,58	6,85	11,43
Truk Semi Trailer	22,19	25,67	47,87
LB (Bus Besar)	1,88	2,65	4,53
<u>MC (Sepeda Motor)</u>	<u>313,91</u>	<u>67,88</u>	<u>381,8</u>

Keterangan C : Ciasem, P : Pemanukan

Data yang terdapat pada Tabel 1, 2, 3, 4 dan 5 ini bisa diganti sesuai dengan data terkini tinggal menggantinya pada program aplikasi Ms Excel. Pada studi kasus ini digunakan data volume lalu lintas arah Ciasem ke Pemanukan, seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jenis kendaraan pengguna jalan

Jenis Kendaraan	Berat Kendaraan (ton)	Volume Kendaraan	Rata-rata penumpang (orang)
Sedan	1,5	205,5	2,7
Utiliti	2	254,8	2,7
Bus Kecil	4	27,3	17,4
Bus Besar	12	1,9	17,4
Truk Ringan	6	116,5	1,98
Truk Sedang	15	99,8	1,98
Truk Berat	25	84,2	1,98
Sepeda Motor	-	313,9	1,35

Catatan:

Perhitungan BOK untuk sepeda motor berbeda dengan perhitungan BOK untuk mobil sehingga berat sepeda motor tidak perlu dicantumkan

Tabel 7. Harga komponen BOK

No	Komponen BOK	Satuan	Harga Satuan
1	Harga Kendaraan		
	Sedan	unit	Rp 240,875,000.00
	Utility	unit	Rp 179,375,000.00
	Bus Kecil	unit	Rp 384,375,000.00
	Bus Besar	unit	Rp 871,250,000.00
	Truk Ringan	unit	Rp 292,125,000.00
	Truk Sedang	unit	Rp 461,250,000.00
	Truk Besar	unit	Rp 666,250,000.00
2	Harga Ban		
	Sedan	buah	Rp 471,500.00
	Utility	buah	Rp 471,500.00
	Bus Kecil	buah	Rp 830,250.00
	Bus Besar	buah	Rp 1,404,250.00
	Truk Ringan	buah	Rp 830,250.00
	Truk Sedang	buah	Rp 1,404,250.00
	Truk Besar	buah	Rp 2,859,750.00
3	premium	liter	Rp 4,612.50
4	Solar	liter	Rp 4,612.50
5	Olie (untuk mesin bensin)	liter	Rp 28,187.50
6	Olie (untuk mesin solar)	liter	Rp 28,187.50
7	Upah Mekanik	liter	Rp 10,250.00
8	Asuransi (3,8%)	tahun	
9	Biaya Overhead (10%)	tahun	

### Analisis Volume dan Biaya Pemeliharaan Jalan

Pengembangan program aplikasi Ms Excel dilakukan untuk melakukan Analisis untuk total biaya pemeliharaan jalan menggunakan alat dan bahan sesuai metode pemeliharaan yang akan dilakukan dengan acuan harga satuan pada Tabel 2, 3, dan 4 kemudian dikalikan dengan volume pekerjaan, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

### Analisis BOK di Jalan Normal Sebelum Pemeliharaan Jalan

Nilai konstanta dan analisis BOK untuk kendaraan ringan, bus dan truk menggunakan pedoman yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 2005, Contoh perhitungan BOK sebagai berikut:

#### 1. Bahan Bakar

Kondisi alinyemen vertikalnya datar, sehingga diperoleh:

- Tanjakan rata-rata ( $R_R$ ) = 2,5 m/km
- Turunan rata-rata ( $F_R$ ) = -2,5 m/km
- Tanjakan + turunan ( $TT_R$ ) = 5 m/km
- Derajat Tikungan ( $DT_R$ ) = 15 °/km
- Percepatan rata-rata ( $AR$ ) =  $0,0128 \times (V/C) = 0,0128 \times (1.358,5/2.946,86) = 0,0059 \text{ m/s}^2$

#### f. Simpangan baku percepatan ( $SA_R$ )

$$= SA_{\max} \times 1,04 / (1 + e^{a0 + a1 \times V/C})$$

$$= 0,75 \times 1,04 / (1 + e^{(5,140 + 8,264) \times 1358,5 / 2946,86})$$

$$= 0,1631 \text{ m/s}^2$$

$$KBBM_i = ( + 1 / V_R + 2 \times V_R^2 + 3 \times R_R + 4 \times F_R + 5 \times F_R^2 + 6 \times DT_R + 7 \times A_R + 8 + SA + 9 \times BK + 10 \times BK \times A_R + 11 \times BK \times A_R) / 1000$$

Untuk kecepatan kendaraan 49,016 km/jam diperoleh konsumsi bahan bakar untuk jenis kendaraan sedan sebagai berikut:

$$KBBM_i = (23,78 + 1.182,2 / 49,016 + 0,0037 \times 49,016^2 + 1,265 \times 2,5 + 0,634 \times (-2,5) + 0 \times (-2,5)^2 + 0 \times 15 - 0,638 \times 0,0059 + 36,21 \times 0,1636) / 1000 = 0,0555 \text{ ltr/km}$$

$$BBM_i = 0,0555 \times 4.500 = \text{Rp } 249,93 / \text{km}$$

#### 2. Pemakaian Minyak Pelumas

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i$$

$$OHK_i = KPO_i / JPO_i$$

Kebutuhan pemakaian minyak pelumas sebagai berikut:

$$OHK_i = 3,5 / 2.000 = 0,00175 \text{ ltr/km}$$

$$KO_i = 0,00175 + 0,0000028 \times 0,0555 = 0,00175 \text{ ltr/km}$$

$$KO_i = 0,00175 \times 28.187 = \text{Rp } 49,33 / \text{km}$$

#### 3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1.000.000$$

$$P_i = ( + 1 \times IRI) \times (KJT_i / 1.000.000)^2$$

Untuk studi kasus ini digunakan nilai IRI rata-rata sebesar 5,00, dihitung biaya konsumsi suku cadang sebagai berikut:

$$P_i = (-0,69 + 0,42 \times 5,00) \times (100.000 / 100.000)^{0,1} = 1,41$$

$$BP_i = 1,41 \times 240.875.000 / 1.000.000 = \text{Rp } 339,63 / \text{km}$$

#### 4. Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan

$$BU_i = JP_i \times UTP / 1000$$

$$JP_i = a_0 \times P_i^{a1}$$

Biaya upah tenaga pemeliharaan sebagai berikut:

$$JP_i = 77,14 \times (1,41/1000)^{0,547} = 2,1 \text{ jam/1000 km}$$

$$BU_i = 2,1 \times 10,250 / 1000 = \text{Rp } 21,82 / \text{km}$$

#### 5. Biaya Pemakaian Ban

$$BB_i = KB_i \times HB_j / 1000$$

$$KB_i = + 1 \times IRI + 2 \times TT_R + 3 \times DT_R$$

Biaya pemakaian ban sebagai berikut:

$$KB_i = -0,01471 + 0,01489 \times 5 = 0,06$$

$$BB_i = 0,06 \times 471.500 / 1.000$$

Tabel 8. Biaya total pemeliharaan jalan untuk penutupan retak

Besar kerusakan (m <sup>2</sup> )	Hari	Waktu kerja (jam)	Biaya Peralatan	Biaya Material	Biaya Upah	Total biaya
25	1	4.00	Rp 8,490,000.00	Rp 50,002.58	Rp 349,823.57	Rp 8,889,826.15
50	1	4.50	Rp 9,551,250.00	Rp 100,002.58	Rp 349,823.57	Rp 10,001,076.15
75	1	5.00	Rp 10,612,500.00	Rp 150,002.58	Rp 349,823.57	Rp 11,112,326.15
100	1	5.50	Rp 11,673,750.00	Rp 200,002.58	Rp 349,823.57	Rp 12,223,576.15
125	1	6.00	Rp 12,735,000.00	Rp 250,002.58	Rp 349,823.57	Rp 13,334,826.15
150	2	6.50	Rp 13,796,250.00	Rp 300,002.58	Rp 699,647.14	Rp 14,795,899.72
175	2	7.00	Rp 14,857,500.00	Rp 350,002.58	Rp 699,647.14	Rp 15,907,149.72
200	2	7.50	Rp 15,918,750.00	Rp 400,002.58	Rp 699,647.14	Rp 17,018,399.72
225	2	8.00	Rp 16,980,000.00	Rp 450,002.58	Rp 699,647.14	Rp 18,129,649.72
250	2	8.50	Rp 18,041,250.00	Rp 500,002.58	Rp 699,647.14	Rp 19,240,899.72

6. Biaya Penyusutan (Depresiasi)

$$\begin{aligned}
 Y &= 1 / (2,5S + 100) \\
 &= 1 / (2,5 \times 49,016 + 100) \\
 &= 0,0049 \times 240.875.000 / 1.000 \\
 &= \text{Rp } 1.082,39 / \text{km} \\
 &= \text{Rp } 28,17 / \text{km}
 \end{aligned}$$

Total peningkatan BOK kendaraan dihitung dari selisih antara BOK kendaraan pada pemeliharaan jalan dikurangi BOK kendaraan pada keadaan normal, kemudian hasilnya dikalikan dengan panjang jalan yang ditinjau dan volume kendaraan yang lewat.

7. Biaya Bunga Modal

$$\begin{aligned}
 Y &= 150 / (500 S) \\
 &= 150 / (500 \times 49,016) \\
 &= 0,0072 \times 240.875.1000 / 1000 \\
 &= \text{Rp } 1.474,26 / \text{km}
 \end{aligned}$$

Contoh untuk Sedan:

$$\begin{aligned}
 &\{ \text{BOK pemeliharaan jalan (Rp6,605.85 /km)} - \text{BOK} \\
 &\text{normal (Rp 3.619,00 /km)} \} \times \text{Panjang efektif (1 km)} \\
 &\times \text{Volume Kendaraan (205,5 /jam)} = \text{Rp} \\
 &613.796,22/\text{jam}
 \end{aligned}$$

8. Biaya Asuransi

$$\begin{aligned}
 Y &= 38 / (500 S) \\
 &= 38 / (500 \times 49,016) \\
 &= 0,0018 \times 240.875.000 / 1000 \\
 &= \text{Rp } 373,48 / \text{km}
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Hasil analisis BOK keadaan normal

Jenis kendaraan	Total BOK (Rp/kend km)
Sedan	3.619,00
Utility	2.841,43
Bus kecil	2.574,25
Bus besar	4.250,17
Truk ringan	2.192,94
Truk sedang	5.008,44
Truk besar	5.710,07
Sepeda motor	135,60

Maka didapat total BOK untuk kendaraan jenis sedan adalah sebesar Rp 3.615,00 /km.

Sedangkan perhitungan BOK untuk sepeda motor adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{VOC}_{1999} &= a + b/V + c V^2 \\
 &= 24 + 596 / 49,016 + 0,0037 \times 49,016^2 \\
 &= \text{Rp } 125,05 / \text{km}
 \end{aligned}$$

Tabel 10. Hasil analisis BOK keadaan pemeliharaan jalan

Jenis kendaraan	Total BOK (Rp/kend km)
Sedan	4.067,38
Utility	3.183,57
Bus kecil	3.060,50
Bus besar	4.693,87
Truk ringan	2.510,67
Truk sedang	5.609,44
Truk besar	6.411,14
Sepeda motor	151,18

Konstanta rumus tersebut didapat dari tahun 1999, maka perlu diperhitungkan dengan nilai inflasi sebesar 1,47%, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{VOC}_{2012} &= 125 \times (1 + 1,47\%)^{(2012-1999)} \\
 &= \text{Rp } 151,18 / \text{km}
 \end{aligned}$$

Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

**Analisis BOK Saat Pemeliharaan Jalan**

Analisis BOK pada saat pemeliharaan jalan dengan kecepatan rata-rata 45 km/jam untuk kendaraan ringan, bus, truk dihitung dengan memakai kecepatan perjalanan dan kondisi jalan pada saat pemeliharaan jalan, hasil perhitungan penghematan BOK ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 11. Hasil analisis peningkatan BOK

Jenis Kendaraan	Total BOK (/kend.km)	Volume	Penambahan /kend	Total Penambahan /jam
Sedan	Rp6,605.85	205.5	Rp2,986.84	Rp613,796.22
Utiliti	Rp5,111.32	254.8	Rp2,269.89	Rp578,366.89
Bus Kecil	Rp4,071.90	27.3	Rp1,497.65	Rp40,885.97
Bus Besar	Rp6,938.82	1.9	Rp2,688.65	Rp5,108.44
Truk Ringan	Rp3,600.09	116.5	Rp1,407.15	Rp163,932.96
Truk Sedang	Rp7,245.70	99.8	Rp2,237.26	Rp223,278.52
Truk Berat	Rp9,157.58	84.2	Rp3,447.51	Rp290,280.72
Sepeda Motor	Rp 83.68	313.9	-Rp67.50	-Rp21,187.57
Total penambahan BOK =				Rp1,894,462.15

### Analisis Nilai Waktu Perjalanan

Berdasarkan hasil studi Pemerintah Provinsi Jawa Barat, DLLAJ 1999 ditetapkan bahwa nilai waktu rata-rata untuk perjalanan kerja sebesar 50% dari upah. Dalam studi ini nilai waktu penumpang rata-rata dihitung 50% dari pendapatannya. Jadi berdasarkan PDRB per kapita per jam kerja tahun 2011 sebesar Rp 2.769,04 Dengan laju pertumbuhan PDRB sebesar 5,3% per tahun diprediksi pendapat per kapita dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Pendapatan per kapita}_{2012} \\ &= \text{Pendapatan per kapita}_{2011} (1+5,3\%)^{2012-2011} \\ &= 2.769,04 (+5,3\%)^{2012-2011} \\ &= \text{Rp } 2.915,80 / \text{jam} \end{aligned}$$

didapat nilai waktu penumpang menjadi:  
50% x 2.915,80 = Rp 1.457,90 /jam

Oleh karena perjalanan seseorang umumnya menggunakan kendaraan maka diperlukan nilai rata-rata jumlah penumpang per jenis kendaraan (*average Vehicle Occupancy*). Pada Tabel 12 dapat dilihat jumlah penumpang per jenis kendaraan (Saktianto, 2012).

Tabel 12. Rata-rata jumlah penumpang untuk tiap jenis kendaraan

Jenis kendaraan	Rata-rata penumpang (orang)
Sedan	2,7
Utility	2,7
Bus kecil	17,4
Bus besar	17,4
Truk ringan	1,98
Truk sedang	1,98
Truk besar	1,98
Sepeda motor	1,35

Contoh untuk sedan nilai waktu penumpang sedan (Rp 3.793,59/jam) x tambahan waktu (0,002 jam) = Rp 7,17 /kendaraan

Peningkatan nilai waktu perjalanan dihitung dari tambahan nilai waktu perjalanan dikalikan dengan volume kendaraan.

Contoh untuk sedan:

$$\begin{aligned} & \text{Penghematan Biaya Nilai Waktu Perjalanan} = \\ & \text{Penghematan Nilai Waktu Perjalanan (Rp } 7,17 \\ & / \text{kendaraan)} \times \text{Volume Kendaraan (205,5 kendaraan)} \\ &= \text{Rp } 1.472,81 / \text{jam.} \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 14.

### Peningkatan Biaya Pemakai Jalan

Peningkatan Biaya Pemakai Jalan (PBPJ) dihitung berdasarkan rumus, hasilnya ditampilkan pada tabel

$$\begin{aligned} \text{PBPJ} &= (\text{BOK}_{\text{alt}} \times \text{D}_{\text{alt}} - \text{BOK}_{\text{ek}} \times \text{D}_{\text{ek}}) + \{ (\text{D}_{\text{alt}} / \text{V}_{\text{alt}} - \\ & \text{D}_{\text{ek}} / \text{V}_{\text{ek}}) \times \text{Tv} \} \\ &= (4067.383 \times 1 - 3619.003 \times 1) + \{ (1/45 - \\ & 1/49.016) \times 3936.329 \} \\ &= \text{Rp } 455,55 / \text{kendaraan} \end{aligned}$$

Catatan:

TV = Nilai waktu penumpang menurut jenis kendaraan

Untuk mendapatkan jumlah peningkatan biaya pemakai jalan, maka jumlah peningkatan pemakai jalan dikalikan dengan volume kendaraan dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 15. Sebagai contoh jumlah kendaraan jenis sedan sejumlah 205,5 kendaraan /jam, maka jumlah penghematan kendaraan sedan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penghematan sedan} &= 448,380 \times 205,5 = \\ & \text{Rp } 92.142,090 / \text{jam} \end{aligned}$$

Tabel 13. Hasil analisis waktu perjalanan

Pendapatan per kapita per jam	Nilai Waktu	Panjang jalan efektif (Km)	VR <sup>2</sup> (Km/jam)	VR <sup>1</sup> (Km/jam)	Tambahan Waktu (jam)
Rp 2,915.80	Rp 1,457.90	1	49.016	45.00	0.002

Tabel 14. Peningkatan nilai waktu karena kerusakan jalan

Jenis Kendaraan	Rata-rata penumpang (orang)	Nilai waktu penumpang menurut jenis kendaraan	Volume kendaraan /jam	Peningkatan nilai waktu /kendaraan	Peningkatan nilai waktu kendaraan /jam
Sedan	2.7	Rp 3,936.33	205.5	Rp 7.17	Rp 1,472.81
Utiliti	2.7	Rp 3,936.33	254.8	Rp 7.17	Rp 1,826.14
Bus Kecil	17.4	Rp 25,367.45	27.3	Rp 46.19	Rp 1,260.91
Bus Besar	17.4	Rp 25,367.45	1.9	Rp 46.19	Rp 87.76
Truk Ringan	1.98	Rp 2,886.64	116.5	Rp 5.26	Rp 612.30
Truk Sedang	1.98	Rp 2,886.64	99.8	Rp 5.26	Rp 524.53
Truk Berat	1.98	Rp 2,886.64	84.2	Rp 5.26	Rp 442.54
Sepeda Motor	1.35	Rp 1,968.16	313.9	Rp 3.58	Rp 1,124.85
Total Penambahan Nilai waktu =					Rp 7,351.82

Tabel 15. Hasil analisis peningkatan biaya pemakai jalan

Jenis Kendaraan	VR <sup>alt</sup>	VR <sup>ek</sup>	BOK <sup>alt</sup>	BOK <sup>ek</sup>	Tv	Vol. Kendaraan /jam	Peningkatan Biaya /kend	Jumlah Peningkatan (Rp/jam)
Sedan	49.016	45	4.067.383	3.619.003	3.936.329	205.5	448.380,00	92.142.090
Utiliti	49.016	45	3.183.574	2.841.433	3.936.329	254.8	342.141,00	87.177.527
Bus Kecil	49.016	45	3.060.496	2.574.251	25367.45	27.3	486.245,00	13.274.489
Bus Besar	49.016	45	4.693.866	4.250.166	25367.45	1.9	443.700,00	843.030
Truk Ringan	49.016	45	2.510.666	2.192.936	2.886.641	116.5	317.730,00	37.015.545
Truk Sedang	49.016	45	5.609.441	5.008.438	2.886.641	99.8	601.003,00	59.980.099
Truk Berat	49.016	45	6.411.135	5.710.067	2.886.641	84.2	701.068,00	59.029.926
Sepeda Motor	49.016	45	1.511.779	1.356.014	1.968.164	313.9	155.765,00	48.894.634
Total Peningkatan =								398.357.339

Berdasarkan analisis tersebut di atas, maka dapat dibuat hubungan antara tingkat kerusakan ringan jalan dengan total biaya pemeliharaan dan total kerugian masyarakat akibat kerusakan ringan jalan, seperti ditunjukkan pada Tabel 16. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara tingkat kerusakan ringan jalan dengan biaya pemeliharaan dan potensi kerugian masyarakat pengguna jalan akibat kerusakan ringan jalan. Pembuatan gambar tersebut merupakan hasil pengembangan program aplikasi Ms *Excel*, sehingga dapat dengan mudah merubah data untuk disesuaikan dengan data terkini sesuai ruas jalan yang akan ditinjau.

Tampak bahwa biaya pemeliharaan kerusakan jalan meningkat seiring dengan tingkat kerusakan ringan jalan, namun kerugian masyarakat pengguna jalan meningkat tajam melebihi biaya pemeliharaan dan pada tingkat kerusakan tertentu sudah memotong

grafik biaya pemeliharaan. Hal ini menunjukkan bahwa apabila kerusakan ringan jalan tidak ditangani secara tepat maka potensi kerugian masyarakat pengguna jalan jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya pemeliharaan itu sendiri. Hasil ini baru untuk kerugian masyarakat karena penurunan kecepatan akibat pemeliharaan jalan, belum termasuk biaya akibat polusi, potensi kecelakaan dan lain-lain.

Pada gambar tersebut terlihat bahwa kurang lebih pada tingkat kerusakan jalan 165 m<sup>2</sup> per km panjang jalan potensi kerugian masyarakat telah melebihi biaya pemeliharaan. Tentu saja apabila diperhitungkan semua potensi kerugian masyarakat antara lain biaya akibat polusi, potensi biaya kecelakaan, peningkatan biaya bisnis akibat peningkatan biaya transportasi dll, maka titik tersebut bisa jauh di bawah 165 m<sup>2</sup>.

Tabel 16. Total biaya pemeliharaan, total potensi biaya kerugian masyarakat akibat kerusakan jalan

Besar kerusakan (m <sup>2</sup> )	Hari	Waktu kerja (jam)	Total Biaya Pemeliharaan (Rp)	Vawal (m/s)	Vpemeliharaan jalan (m/s)	Potensi Kerugian Masyarakat (per jam) (Rp)	Total Potensi Kerugian (Rp)
25	1	4.00	Rp 8,889,826.15	49.016	45.00	Rp 703,681.85	Rp 2,814,727.40
50	1	4.50	Rp 10,001,076.15		42.50	Rp 906,935.95	Rp 4,081,211.78
75	1	5.00	Rp 11,112,326.15		40.00	Rp 1,134,188.22	Rp 5,670,941.10
100	1	5.50	Rp 12,223,576.15		37.50	Rp 1,389,348.17	Rp 7,641,414.94
125	1	6.00	Rp 13,334,826.15		35.00	R 1,676,718.11	Rp 10,060,308.66
150	2	6.50	Rp 14,795,899.72		32.50	Rp 2,005,213.37	Rp 13,033,886.91
175	2	7.00	Rp 15,907,149.72		30.00	Rp 2,385,553.56	Rp 16,698,874.92
200	2	7.50	Rp 17,018,399.72		27.50	Rp 2,827,234.67	Rp 21,204,260.03
225	2	8.00	Rp 18,129,649.72		25.00	Rp 3,352,115.75	Rp 26,816,926.00
250	2	8.50	Rp 19,240,899.72		22.50	Rp 3,983,404.08	Rp 33,858,934.68



Gambar 2. Hubungan antara tingkat kerusakan dengan biaya pemeliharaan dan potensi kerugian masyarakat akibat kerusakan jalan

### KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Biaya pemeliharaan kerusakan jalan meningkat seiring dengan tingkat kerusakan ringan jalan, namun kerugian masyarakat pengguna jalan meningkat tajam melebihi biaya pemeliharaan dan pada tingkat kerusakan tertentu sudah memotong grafik biaya pemeliharaan.

2. Titik potong antara grafik biaya pemeliharaan dengan potensi kerugian masyarakat akibat kerusakan jalan dapat disebut sebagai keadaan yang tepat dalam penanganan kerusakan ringan jalan.
3. Potensi kerugian masyarakat akibat kerusakan jalan dapat diperluas mencakup biaya akibat polusi, potensi biaya kecelakaan, potensi kerugian bisnis.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia.*, Dirjen Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 2005, *Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan*, Dinas Pekerjaan Umum Jakarta.
- Anonim, 2009, *Kebijakan dan Strategi untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Infrastruktur Jalan Secara Berkelanjutan*, Tim Pemantauan dan Evaluasi Kebijakan Transportasi nasional. Kantor Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI
- Kumalasari. D., Soemarno, Wicaksono, A., 2011, Pengaruh Guna Lahan Terhadap Tarikan Pergerakan, Biaya Kemacetan, dan Biaya Kecelakaan, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 5.
- Martakim, S., 1995, *Manual Pemeliharaan Rutin Untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi*, Departemen Pekerjaan Umum.

- Saktianto. M., 2011. "Kajian Efisiensi dan Efektifitas Performance Based Contract Terhadap Kontrak Tradisional Dalam Umur Rencana Konstruksi Jalan", *Thesis*, Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Trisakti.
- Sugiyanto. G., 2009, Kajian Pemodelan Biaya Transportasi, Biaya Kemacetan (Congestion Pricing) Dan Biaya Polusi Untuk Mengurangi Kemacetan Lalu Lintas Dan Pencemaran Udara Di Daerah Pusat Kegiatan (central Bussiness District), *Skripsi*, Universitas Jenderal Soedirman.
- Wiyono, S., 2009, *Prediksi Kerusakan Perkerasan Jalan dalam Rangka Pengelolaan Jaringan Jalan yang Memberi Kemanfaatan*, Pidato Pengukuhan Guru Besar, UIR Press, Pekanbaru
- Yuwono, B.E., Rintawati, D., Supriyono, Sumeru, I., 2012, *Quick and Effective Respons* untuk Penanganan Jenis dan Klasifikasi Kerusakan Konstruksi Jalan. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 6* 1-2 Nopember 2012, Universitas Trisakti.