

# BIAYA KERUSAKAN JALAN AKIBAT MUATAN BERLEBIH (STUDI KASUS – JALAN PELABUHAN PETI KEMAS ARAR KABUPATEN SORONG – PAPUA BARAT)

**Yusverison Andika**

Program Studi Teknik Sipil  
Politeknik Katolik Saint Paul Sorong  
JL. R.A Kartini  
Sorong, 98413  
[yusveri\\_ing@yahoo.com](mailto:yusveri_ing@yahoo.com)

## Abstract

Maximum number of repetition of standard axle loads up to pavement failure depends on pavement types and its pavement thickness. Overloading traffic damages pavement sooner rather than later, and it increases pavement maintenance costs. Pavement maintenance costs is analysed for different traffic loading scenarios. There are four scenarios of traffic loading, i.e. within legal limits, 15 percent, 25 percent, and 50 percent above the legal limits. For all four scenarios, total load transported is constant. The legal limit is allowable maximum weight of vehicle regulated by circular letter of the Directorate General of Land Transportation Department of Transportation No.SE.02/LI.108/DR.JD/2008. This study shows that pavement maintenance costs for the scenarios are increased by 1.284.704 (thousand rupiahs/km/2 lane) – for 15 percent above limits, 1.466.229 (thousand rupiahs/km/2 lane) – for 25 percent above limits, and 3.417.992 (thousand rupiahs/km/2 lane) – for 50 percent above limits. In other words, traffic above the legal limits increases the pavement maintenance costs by 13,60 percent, 15,51 percent, and 36,16 percent respectively. The maintenance costs of load above the legal limits are 179 (rupiahs/km/2 lane/ton), 169 (rupiahs/km/2 lane/ton), 175 (rupiahs/km/2 lane/ton) respectively.

**Keywords:** legal limits of vehicle weight, initial construction cost, maintenance cost

## ABSTRAK

Jenis perkerasan yang digunakan serta tebal lapis perkerasan akan mempengaruhi kemampuan jalan dalam mengakomodasi berapa besar beban kendaraan dalam satuan ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) yang sanggup dilayani. Besarnya beban kendaraan yang lewat permukaan jalan akan mempengaruhi jumlah lintasan kendaraan tersebut yang menyebabkan kondisi jalan menjadi rusak. Kerusakan jalan terjadi semakin cepat jika jalan dibebani melebihi kapasitasnya. Untuk menjaga agar konstruksi jalan sesuai dengan umur rencana (masa layanan) dengan biaya pemeliharaan yang sesuai rencana, maka diperlukan kebijakan untuk memperkecil pelanggaran muatan berlebih agar tidak melampaui jumlah beban maksimum yang diijinkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis program pemeliharaan jalan dengan jangka waktu umur analisis tertentu sebagai akibat dari variasi toleransi terhadap JBI, menghitung biaya total penyediaan prasarana jaringan jalan selama umur analisis akibat dari masing-masing kebijakan toleransi terhadap JBI serta menghitung biaya kerusakan akibat kebijakan berbagai variasi toleransi terhadap JBI. JBI adalah jumlah berat yang diijinkan yang melalui suatu jalan yang diatur berdasarkan surat edaran Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Departemen Perhubungan No.SE.02/LI.108/DR.JD/2008. Hasil analisis menunjukkan besarnya biaya kerusakan jalan untuk muatan berlebih dengan toleransi 15% melebihi JBI sebesar 1.285.704 (ribu Rp/km/2 lajur), 25% melebihi JBI sebesar 1.466.229 (ribu Rp/km/2 lajur), dan 50% melebihi JBI sebesar 3.417.992 (ribu Rp/km/2 lajur). Dampak muatan berlebih dengan toleransi 15%, 25% dan 50% melebihi JBI menyebabkan biaya kerusakan 13,60%, 15,51% dan 36,16% lebih tinggi dari muatan sesuai JBI. Besarnya biaya kerusakan jalan tiap ton muatan berlebih dengan toleransi 15% melebihi JBI sebesar 179 (Rp/km/2 lajur/ton), 25% melebihi JBI sebesar 169 (Rp/km/2 lajur/ton), 50% melebihi JBI sebesar 175 (Rp/km/2 lajur/ton).

Kata Kunci : JBI, Biaya Konstruksi Awal, Biaya Konstruksi Lapis Tambah

## PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang dibutuhkan dalam membangun suatu wilayah. Menurut Sudjana, et al (2008) mutu jalan kabupaten yang buruk merupakan hambatan terhadap kegiatan perdagangan antar kabupaten serta menghambat upaya untuk melakukan integrasi antara wilayah-wilayah terbelakang dengan pasar yang lebih besar. Semakin mudah suatu daerah untuk dijangkau dikatakan mempunyai tingkat aksesibilitas yang tinggi dan semakin mudah orang bergerak menuju daerah tertentu dikatakan mempunyai tingkat mobilitas yang tinggi.

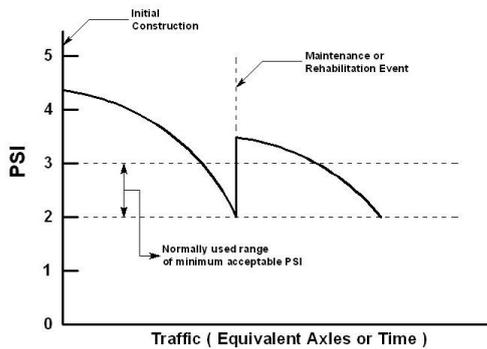
Erwin kusnandar (2008) menyatakan bahwa kemajuan teknologi pada sektor sarana transportasi jalan (kendaraan) mengalami kemajuan cukup pesat dewasa ini, yang ditunjukkan oleh perubahan kemampuan dan dimensi. Aspek kemampuan, seperti bisa mengembangkan kecepatan lebih tinggi, muatan lebih besar, melakukan *accelerations* dan *deceleration* lebih baik. Sedangkan dari aspek dimensi meliputi panjang kendaraan, jarak as, panjang tonjolan depan/ belakang, dan jari-jari putar kendaraan. Kemampuan kendaraan yang lebih baik tersebut, sebagian pengguna jalan khususnya jenis kendaraan angkutan barang (operator) memandang bahwa efisiensi transportasi bisa dilakukan dengan membawa muatan sebanyak banyaknya dalam satu kali lintasan sehingga akan memberikan keuntungan. Akan tetapi akibatnya beban yang diterima jalan menjadi lebih besar sehingga jalan umur rencananya menjadi lebih pendek dan lebih cepat rusak. Selain itu kerusakan jalan juga dipengaruhi oleh kesalahan dalam menetapkan parameter perancangan yang berakibat pada hasil rancangan teknis di lapangan tidak sesuai dengan kebutuhan pengguna jalan. Akibat kerusakan jalan tersebut bisa terjadi kecelakaan, hambatan-hambatan, dan ketidak nyamanan perjalanan, yang pada akhirnya berdampak pada tingginya biaya operasional kendaraan dan biaya pemeliharaan jalan.

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan lain-lain. Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan ke beban standar tersebut. Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 8,16 ton (80 kN atau 18 kips). Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standar dengan menggunakan angka ekivalen beban sumbu (E). Angka ekivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.

Semakin berat kendaraan yang melalui permukaan jalan maka semakin besar pula dampak kerusakan yang terjadi. Jika kondisi ini dibiarkan terjadi berlarut larut maka kerusakan jalan lebih cepat terjadi karena jalan menerima jumlah lintasan kendaraan dengan beban sumbu lebih banyak dalam waktu yang singkat.

Umur rencana jalan bisa diartikan sebagai jumlah lintasan kendaraan dengan beban standar (8.16 ton) yang mampu diakomodir sebelum jalan menjadi rusak. Ketika jalan baru dibangun tingkat pelayanan awal ( $p_0$ ) diberikan nilai 4.2, setelah jalan dilewati kendaraan lambat laun tingkat pelayanan akan berkurang sehingga sampai pada tingkat pelayanan akhir ( $p_t$ ) yaitu tingkat pelayanan paling buruk yang masih bisa ditoleransi sebelum dilakukan perbaikan yang besarnya 2.0 sampai 3.0. Pada Gambar 1 terlihat bahwa akibat

bertambahnya beban lalu lintas dan non lalu lintas (akibat pengaruh cuaca), jalan akan mengalami penurunan kemampuan dalam menjalankan fungsinya.



Gambar 1 Hubungan Kondisi Jalan dengan Kumulatif Beban Lalu lintas (AASHTO, 1993)

Untuk memperlambat tingkat kerusakan dan mengembalikan kondisi perkerasan sehingga mendekati atau sama dengan kondisi awal perkerasan dilakukan pemeliharaan jalan dengan melakukan pekerjaan lapis tambah (*Overlay*). Semakin cepat jalan mengalami kerusakan maka usaha pemeliharaan jalan akan semakin sering dilakukan yang akan berakibat langsung terhadap besarnya biaya yang harus disediakan. Untuk menjaga agar konstruksi jalan sesuai dengan umur rencana (masa layanan) dengan biaya pemeliharaan yang sesuai rencana, maka diperlukan kebijakan untuk memperkecil pelanggaran muatan berlebih agar tidak melampaui jumlah beban maksimum yang diijinkan. Besarnya jumlah berat yang diijinkan (JBI) dan jumlah berat kombinasi yang diizinkan (JBKI) dalam proses pengangkutan barang melalui suatu ruas jalan sangat dipengaruhi oleh jenis kendaraan yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud dengan muatan berlebih adalah berat kendaraan dan barang yang diangkut melebihi dari JBI dan JBKI yang sudah ditetapkan berdasarkan surat edaran Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Departemen Perhubungan No. SE.02/LI.108/DR.JD/2008, besarnya muatan berlebih dinyatakan dengan persentase tingkat pelanggaran yang terbagi menjadi 3 tingkat (Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 2008) yaitu:

- Pelanggaran tingkat I : > 5% - 15% dari JBI
- Pelanggaran tingkat II : > 15% - 25% dari JBI
- Pelanggaran tingkat III : > 25% dari JBI

Pada Tabel 1 ditunjukkan besarnya Muatan Sumbu Terberat (MST) untuk 3 variasi toleransi muatan berlebih yaitu 15%, 25%, 50% dari JBI

Tabel 1 Batasan Berat Muatan Kendaraan

Konfigurasi Kendaraan	Berat maksimum Kendaraan sesuai JBI (ton)	Berat maksimum kendaraan 15% melebihi JBI (ton)	Berat maksimum kendaraan 25% melebihi JBI (ton)	Berat maksimum kendaraan 50% melebihi JBI (ton)
1.2	16	18,4	20	24
1.22	24	27,6	30	36
1.2-22	34	39,1	42,5	51
1.22-22	42	48,3	52,5	63

Sumber : (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2008)

Dari ulasan di atas semakin besar muatan kendaraan akan menyebabkan kerusakan jalan lebih cepat sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk pemeliharaan menjadi semakin

tinggi. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh muatan berlebih terhadap biaya kerusakan jalan akses Pelabuhan Petikemas Arar Kabupaten Sorong.

## TAHAPAN PENELITIAN

### PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN

Angka ekivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali. Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standar dengan menggunakan angka ekivalen beban sumbu ( $E$ ). Departemen Pekerjaan Umum, 1987 memberikan rumus untuk menentukan angka ekivalen beban sumbu sebagai berikut :

$$E = \left( \frac{\text{Beban Sumbu, kg}}{8160} \right)^4, \text{ untuk sumbu tunggal} \quad (1)$$

$$E = \left( \frac{\text{Beban Sumbu, kg}}{8160} \right)^4 \times 0.086, \text{ untuk sumbu ganda}$$

Dalam penelitian ini perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur. Tebal lapisan perkerasan didesain sesuai dengan besarnya muatan sesuai dengan JBI, muatan berlebih didesain dengan 3 variasi toleransi yaitu 15%, 25%, 50% dari JBI, kemudian biaya pemeliharaan yang dihasilkan dari setiap variasi tersebut dihitung. Desain tebal perkerasan dan tebal lapis tambah menggunakan metode AASHTO (1993). Kapasitas struktural (*Structural Number, SN*) adalah suatu angka yang diperoleh dari analisis lalu lintas, kondisi tanah dasar dan pengaruh lingkungan, yang dapat dikonversikan menjadi tebal lapis perkerasan lentur dengan memilih koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) yang sesuai dengan material/ bahan tiap lapis serta koefisien drainase ( $m$ ) sesuai dengan kondisi yang ada. Untuk mendapatkan nilai SN dapat menggunakan persamaan:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (2)$$

Dengan :

- $W_{18}$  = jumlah pengulangan sumbu standar selama umur rencana (ESAL).
- $Z_R$  = simpangan baku normal (merupakan fungsi dari tingkat keandalan R).
- $S_o$  = gabungan kesalahan baku dari perkiraan lalu lintas dan kinerja perkerasan.
- $SN$  = kapasitas struktural.
- $\Delta PSI$  = perubahan tingkat pelayanan
- $M_R$  = modulus resilient tanah dasar (psi)

Sedangkan untuk mendapatkan ketebalan lapisan dapat diturunkan dari persamaan AASHTO (1993):

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3)$$

Dengan:

- $SN$  = kapasitas struktural
- $a_1$  = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan
- $D_1$  = tebal lapis permukaan (*inchi*)
- $a_2$  = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi
- $D_2$  = tebal lapis pondasi (*inchi*)
- $m_2$  = koefisien drainase lapis pondasi
- $a_3$  = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah
- $D_3$  = tebal lapis pondasi bawah (*inchi*)
- $m_3$  = koefisien drainase lapis pondasi bawah

## PERANCANGAN LAPIS TAMBAH

Untuk mencapai umur analisis, tebal perkerasan awal perlu dilakukan lapis tambah. Dalam penelitian ini, tebal lapis tambah ditentukan 5 cm ketika indeks permukaan jalan ( $p_t$ ) 2.5. Jumlah lapis tambah akan di hitung untuk setiap variasi toleransi beban berlebih 15%, 25%, 50% melebihi JBI. Karena tebal lapis tambah rencana ( $D_{ol}$  rencana) sudah ditentukan, maka dalam penelitian ini dititikberatkan pada waktu pelaksanaan lapis tambah. Besarnya indeks permukaan jalan ( $p_t$ ) ditentukan 2.5 atas dasar jalan masih dalam kondisi baik.

### a. Penentuan Nilai Umur Sisa

Faktor umur sisa adalah faktor penyesuaian parameter kapasitas structural efektif ( $SN_{eff}$ ) untuk menggambarkan taksiran lebih nyata beban yang diterima selama periode lapis tambah pertama. Faktor ini tergantung pada nilai umur sisa perkerasan (RL). Nilai RL diperoleh dengan menggunakan persamaan AASHTO (1993):

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{N_p}{N_{1.5}} \right) \right] \quad (4)$$

Dengan :

RL = umur sisa perkerasan (%)

$N_p$  = total kumulatif beban standar saat dilaksanaan lapis tambah (ESAL)

$N_{1.5}$  = total kumulatif beban standar (ESAL) yang menyebabkan jalan menjadi rusak (saat nilai  $p_t=1,5$ ).

Faktor umur sisa CF diperoleh dengan menggunakan Gambar 2.8. Kapasitas struktural efektif diperoleh dengan menggunakan persamaan AASHTO (1993):

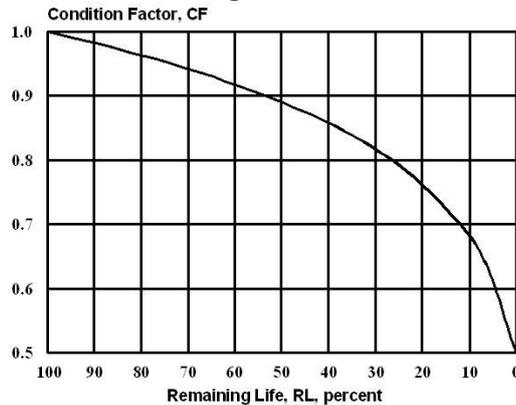
$$SN_{eff} = CF \times SN_o \quad (5)$$

dengan :

$SN_{eff}$  = kapasitas struktural efektif

CF = faktor umur sisa ( Didapat dari Gambar 2.10 )

$SN_o$  = kapasitas struktural awal ketika perkerasan baru dibangun



Gambar 2 Hubungan antara RL dengan CF (AASHTO, 1993)

### b. Evaluasi Kapasitas Struktural Lapis Tambah

Tahapan analisis Lapis Tambah berikutnya adalah menentukan kapasitas struktural Lapis Tambah ( $SN_f$ ), dimana dalam tahap ini yang terpenting adalah penyederhanaan untuk menentukan kapasitas struktural total dari perkerasan baru yang menerima pengulangan beban  $N_f$  dalam periode Lapis Tambah pertama ke akhir tingkat pelayanan. Dalam menganalisis, kita menganggap kapasitas struktural efektif ( $SN_{eff}$ ) dari perkerasan yang ada tidak diperhitungkan sehingga penentuan kapasitas struktural lapis tambah ( $SN_f$ ) seperti perencanaan perkerasan baru dihitung menggunakan persamaan 2, dengan diketahui:  $R$ ,  $Z_R$ ,  $S_o$ ,  $W_{18}$ ,  $M_R$ , dan  $\Delta PSI$ .

### c. Penentuan Tebal Lapis Tambah

Tujuan menentukan ketebalan Lapis Tambah adalah agar kemampuan struktur perkerasan mampu melayani kebutuhan lalu lintas pada masa yang akan datang. Setelah nilai  $SN_f$  dan  $SN_{eff}$  diperoleh, maka untuk mencari tebal lapis tambah gunakan persamaan AASHTO (1993):

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = SN_f - SN_{eff} \quad (6)$$

Dengan :

- $D_{ol}$  = tebal lapis Lapis Tambah yang dibutuhkan
- $SN_{ol}$  = kapasitas struktural Lapis Tambah
- $SN_f$  = Kapasitas struktural yang dibutuhkan untuk melayani ESAL yang akan datang
- $SN_{eff}$  = kapasitas struktural efektif
- $a_{ol}$  = koefisien kekuatan relatif Lapis Tambah

## PERHITUNGAN BIAYA

### a. Biaya Konstruksi Awal

Biaya konstruksi awal dalam penelitian ini dibatasi pada pekerjaan lapis pondasi dan lapis permukaan. Jenis pekerjaan yang akan dihitung adalah lapis pondasi bawah dengan material agregat kelas B, lapis pondasi dengan material agregat kelas A, lapis permukaan beton aspal, lapis resap ikat, dan lapis perekat. Besarnya biaya konstruksi dinyatakan dalam ribu Rp/km/2 lajur.

### b. Biaya Konstruksi Lapis Tambah

Biaya konstruksi lapis tambah dalam penelitian ini pada prinsipnya sama dengan menghitung biaya lapis permukaan pada perhitungan biaya konstruksi awal, namun untuk perhitungan biaya konstruksi lapis tambah komponen satuan pekerjaan yang terkait dalam perhitungan biaya ini adalah lapis perekat dan lapis tambah beton aspal.

## ANALISIS PERHITUNGAN

Pertumbuhan lalu lintas diprediksi 29% dan pertumbuhannya selama periode analisis bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pertumbuhan  $W_{18}$  selama Periode Analisis

Tahun	Variasi Pembebanan			
	Sesuai JBI (ESAL)	Toleransi 15% melebihi JBI (ESAL)	Toleransi 15% melebihi JBI (ESAL)	Toleransi 15% melebihi JBI (ESAL)
1	26.641	41.718	44.830	87.775
2	61.009	95.534	102.661	201.006
3	105.342	164.958	177.263	347.073
4	162.533	254.513	273.499	535.499
5	236.309	370.040	397.644	778.569
6	331.480	519.070	557.790	1.092.129
7	454.251	711.319	764.380	1.496.622
8	612.625	959.319	1.030.880	2.018.418
9	816.927	1.279.240	1.374.665	2.691.534
10	1.080.477	1.691.938	1.818.148	3.559.855
11	1.420.457	2.224.318	2.390.241	4.679.988
12	1.859.031	2.911.088	3.128.241	6.124.960
13	2.424.791	3.797.022	4.080.261	7.988.974
14	2.990.551	4.682.956	5.032.281	9.852.987
15	3.556.312	5.568.890	5.984.301	11.717.001
16	4.122.072	6.454.823	6.936.321	13.581.015
17	4.687.832	7.340.757	7.888.341	15.445.029
18	5.253.593	8.226.691	8.840.361	17.309.042
19	5.819.353	9.112.625	9.792.381	19.173.056
20	6.385.113	9.998.558	10.744.401	21.037.070

Sumber : PT. Pelabuhan Indonesia IV (PERSERO) (2006)

Besarnya beban sumbu standar pada akhir tahun kesepuluh 1.080.477 ESAL untuk muatan sesuai JBI, dengan menggunakan persamaan 2 serta memasukkan nilai  $Z_R = -1,645$ ,  $S_o = 0,35$ ,  $p_0 = 4,2$ ,  $p_1 = 2$ ,  $M_R = 9000$  dan nilai  $\text{Log}(W_{18}) = 6,034$  didapatkan besarnya Nilai SN (*Structural Number*) sebesar 3,153. Koefisien relatif untuk lapisan perkerasan ( $a_1$ ) sebesar 0.4, koefisien relatif untuk lapisan pondasi ( $a_2$ ) sebesar 0.14 dan lapisan pondasi bawah ( $a_3$ ) sebesar 0.13. Ketebalan lapisan pondasi ditentukan sebesar 5.91 inchi (15cm) dan ketebalan lapisan pondasi bawah sebesar 7.88 inchi (20cm). Koefisien  $m_2 = m_3$  diambil 1. Dengan menggunakan Persamaan 3 didapatkan ketebalan lapisan beton aspal.

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

$$3.153 = (0.4 \times D_1) + (0.14 \times 5.91 \times 1) + (0.13 \times 7.88 \times 1)$$

$$D_1 = 3.253 \text{ inchi (8.263 cm)}$$

Ketebalan lapisan beton aspal dibulatkan 8.5 cm (3.346 inchi). Hasil perhitungan tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 2 Ketebalan tiap lapisan perkerasan

Dengan mempergunakan ketebalan lapisan perkerasan yang sama untuk semua variasi toleransi muatan berlebih dan besarnya tingkat pelayanan jalan ( $p_2$ ) saat lapis tambah 2,5 untuk periode analisis 20 tahun didapatkan jumlah lapis untuk muatan sesuai JBI dilakukan 3 kali lapis tambah, toleransi 15% melebihi JBI dilakukan 4 kali lapis tambah, 25% melebihi JBI dilakukan 4 kali lapis tambah dan 50% melebihi JBI dilakukan 5 kali lapis tambah. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi perkerasan adalah 5,371,246 (ribu Rp /km/2 lajur) dan pekerjaan lapis tambah 1,699,291 (ribu Rp /km/2 lajur). Perhitungan biaya konstruksi untuk tiap variasi muatan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Biaya Konstruksi

Jenis pembebanan terhadap jalan	Biaya konstruksi awal (ribu Rp /km/2 lajur)	Biaya konstruksi lapis tambah			Biaya konstruksi total (ribu Rp/km/2 lajur)
		Jumlah lapis tambah	Harga satuan (ribu Rp /km/2 lajur)	Biaya lapis tambah total (ribu Rp /km/2 lajur)	
Sesuai JBI	5,371,246	3	1,699,291	5,097,873	10,469,119
15% melebihi JBI	5,371,246	4	1,699,291	6,797,164	12,168,410
25% melebihi JBI	5,371,246	4	1,699,291	6,797,164	12,168,410
50% melebihi JBI	5,371,246	5	1,699,291	8,496,455	13,867,701

Setiap variasi mempunyai nilai tingkat pelayanan yang berbeda pada akhir periode analisis. Agar perbandingan dapat dilakukan, maka pada akhir periode analisis tingkat pelayanan ( $p_2$ ) semua variasi muatan berlebih disamakan yaitu 2,5 sehingga yang membedakan dari semua variasi adalah jumlah  $W_{18}$ . Kemudian jumlah  $W_{18}$  yang belum tercapai saat  $p_2 = 2,5$  dikonversikan kedalam nilai uang. Nilai sisa perkerasan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai sisa perkerasan

Jenis pembebanan terhadap jalan	Jumlah $W_{18}$ akhir tahun analisis	Jumlah $W_{18}$ saat $p_2 = 2.5$	$W_{18}$ yang belum tercapai	Biaya lapis tambah (ribu Rp)	Nilai sisa perkerasan (ribu Rp)
Sesuai JBI	1,680,182.619	4,181,097.042	2,500,914.423	1,699,291	1,016,427
15% melebihi JBI	1,112,530.784	7,020,692.236	5,908,161.452	1,699,291	1,430,014
25% melebihi JBI	1,858,373.495	7,020,692.236	5,162,318.741	1,699,291	1,249,489
50% melebihi JBI	5,130,350.114	12,413,893.136	7,283,543.022	1,699,291	997,017

Setelah nilai sisa perkerasan diketahui kemudian dicari berapa biaya konstruksi yang sesungguhnya. Besarnya biaya konstruksi yang sudah dikoreksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Biaya Konstruksi total terkoreksi

Jenis Pembebanan terhadap jalan	Total biaya konstruksi (ribu Rp/km/2 lajur)	Nilai sisa perkerasan (ribu Rp)	Biaya konstruksi total terkoreksi (ribu Rp/km/2 lajur)
Sesuai JBI	10,469,119	1,016,427	9,452,692
15% melebihi JBI	12,168,410	1,430,014	10,738,396
25% melebihi JBI	12,168,410	1,249,489	10,918,921
50% melebihi JBI	13,867,701	997,017	12,870,684

Biaya kerusakan merupakan selisih biaya rehabilitasi yang disebabkan muatan sesuai JBI dengan biaya rehabilitasi yang disebabkan akibat muatan berlebih. Besarnya biaya kerusakan untuk setiap variasi muatan berlebih dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Biaya Kerusakan

Jenis Pembebanan terhadap jalan	Biaya Konstruksi Total Terkoreksi (ribu Rp/km/2 lajur)	Biaya kerusakan akibat muatan berlebih (ribu Rp/km/2 lajur)	Persentase kerusakan terhadap muatan sesuai JBI (%)
Sesuai JBI	9,452,692		
15% melebihi JBI	10,738,396	1,285,704	13,60
25% melebihi JBI	10,918,921	1,466,229	15,51
50% melebihi JBI	12,870,684	3,417,992	36,16

Untuk melihat pengaruh kenaikan tonase di atas JBI terhadap biaya kerusakan perlu diketahui berapa sesungguhnya muatan berlebih yang terjadi. Dari hasil perhitungan pada akhir periode analisis (akhir tahun ke 20) terjadi kumulatif muatan berlebih untuk toleransi 15%, 25%, 50% melebihi JBI sebesar 7.195.644 ton, 8.698.083 ton, 19.540.345 ton

Biaya kerusakan tiap ton merupakan pembagian antara biaya kerusakan dengan muatan berlebih yang dipindahkan selama periode analisis tiap variasi kelebihan beban.

1. Untuk Variasi 15% melebihi JBI biaya kerusakan tiap ton adalah :  
 $1.285.704/7.195.644 = 0,179$  ribu Rp/km/2 lajur/ton atau 179 Rp/km/2 lajur/ton
2. Untuk Variasi 25% melebihi JBI biaya kerusakan tiap ton adalah :  
 $1.466.229/8.698.083 = 0,169$  ribu Rp/km/2 lajur/ton atau 169 Rp/km/2 lajur/ton
3. Untuk Variasi 50% melebihi JBI biaya kerusakan tiap ton adalah :  
 $3.417.992/19.540.345 = 0,175$  ribu Rp/km/2 lajur/ton atau 175 Rp/km/2 lajur/ton

Hasil perhitungan di atas menunjukkan pengaruh muatan berlebih untuk setiap ton di atas JBI dari semua variasi toleransi mempunyai nilai yang relatif sama.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya biaya kerusakan jalan untuk muatan berlebih dengan toleransi 15% melebihi JBI sebesar 1.285.704 (ribu Rp/km/2 lajur), 25% melebihi JBI sebesar 1.466.229 (ribu Rp/km/2 lajur), dan 50% melebihi JBI sebesar 3.417.992 (ribu Rp/km/2 lajur).
2. Dampak muatan berlebih dengan toleransi 15%, 25% dan 50% menyebabkan biaya kerusakan 13,60%, 15,51% dan 36,16% lebih tinggi dari muatan sesuai JBI.
3. Besarnya biaya kerusakan jalan tiap ton muatan berlebih dengan toleransi 15% melebihi JBI sebesar 179 Rp/km/2 lajur/ton, 25% melebihi JBI sebesar 169 Rp/km/2 lajur/ton, 50% melebihi JBI sebesar 175 Rp/km/2 lajur/ton.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Makalah ini merupakan bagian dari proses pembuatan tesis dan diseminasi hasil tesis. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pembimbing tesis, yaitu Aloysius Tjan, Ph.D.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- AASHTO (1993), "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993", AASHTO, Washington, D.C.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008), "Surat edaran No.SE.02/LI.108/DR.JD/2008 tentang Panduan batasan maksimum perhitungan JBI ( Jumlah Berat yang Diijinkan) dan JBKI ( Jumlah Berat Kombinasi yang Diijinkan) untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kendaraan Penarik berikut Kereta Tempelan/Kereta Gandengan, Departemen Perhubungan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), "Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen", SKBI-2.3.26.1987, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kusnandar, E. (2008), "Karakteristik Beban Kendaraan Operasional", Jurnal Jalan dan Jembatan, Volume 25 No.2 Agustus 2008, 179-191
- PT. Pelabuhan Indonesia IV (PERSERO) (2006), "Laporan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan hidup", Sorong.
- Sudjana B. et al (2008), "*The Asia Foundation* : Biaya Transportasi Barang Angkutan, Regulasi, dan Pungutan Jalan di Indonesia", *The Asia Foundation*, Jakarta