

**OPTIMASI BEBAN AS TRUK UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI
DAN KERUSAKAN KONSTRUKSI JALAN
(Studi Kasus Ruas Jalan Solo-Kartosura-Boyolali Provinsi Jawa Tengah)**

*Optimization Axle Load of Trucks to Minimize Transportation Cost and Damage
Construction Road
(Case Study in Solo-Kartosuro-Boyolali Streets, Central Java, Province)*

Gito Sugiyanto

e-mail : gito_98@yahoo.com

Program Sarjana Teknik UNSOED, Purwokerto

ABSTRACT

This research is aimed at defining the optimum axle load of trucks, in a way to produce both minimum transportation cost and damage construction road. Apart from formulating ways to minimize government expenditures in handling road maintenance, this research has investigated a new paradigm as an alternative of road maintenance considering the principles of cost recovery. This means that overloading trucks will have to bear Road User Tax-a tax reflecting their destructive impacts on roads.

The result indicate that: Medium good vehicles have an optimum load of 7,500 ton and minimum transport cost of Rp 19.275,54 per vehicle-trip, Heavy good vehicle (HGV) trucks 2 axles 13 ton have an optimum load of 12,667 ton and minimum transport cost of Rp 37.735,21 per vehicle-trip, HGV trucks 3 axles 20 ton have an optimum load of 21,00 ton and minimum transport cost of Rp 52.730,36 per vehicle-trip and HGV trucks 4 axles have an optimum load of 26,50 ton and minimum transport cost of Rp 45.014,25 per vehicle-trip. The average of Road User Tax in effort of the pure cost recovery for: Medium good vehicles have Rp 20,89 per vehicle-trip, HGV trucks 2 axles 13 ton have Rp 195,68 per vehicle-trip, HGV trucks 2 axles 13 ton have Rp 142,96 per vehicle-trip, and HGV trucks 2 axles 13 ton have Rp 489,66 per vehicle-trip. A trip in this case is 25,30 km.

Keywords : *overload, transport cost, axle load of trucks.*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini terjadi penurunan umur konstruksi jalan maupun jembatan yang disebabkan terjadinya muatan berlebih (*overloading*), prediksi jumlah lalu lintas pada akhir umur rencana yang tercapai lebih awal (sebelum n tahun), dan perawatan yang kurang memadai. Hal itu akan berakibat pada kerusakan lebih cepat pada konstruksi jalan dan umurnya menjadi lebih pendek dari yang direncanakan (Anonim, 1999).

Permasalahan ini muncul seiring dengan perkembangan dunia industri di Kabupaten Sukoharjo dan Kota Surakarta yang telah menyebabkan pertumbuhan arus lalu lintas yang sangat pesat terutama lalu lintas angkutan barang di ruas-ruas jalan Provinsi Jawa Tengah. Diduga bahwa

pertumbuhan lalu lintas angkutan barang khususnya truk-truk pengangkut bahan mentah/barang jadi telah menimbulkan permasalahan terjadinya *overloading* dari muatan sumbu terberat yang diizinkan (Sugiyanto, 2002).

Hasil survei yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum menunjukkan terjadinya muatan berlebih pada sebagian ruas-ruas jalan di Pulau Sumatra dan Jawa yang berakibat menurunnya umur rencana jalan atau kerusakan jalan. Akibat muatan berlebih ini negara diperkirakan dirugikan sebesar Rp 1,22 triliun pada tahun anggaran 1998 (Waluyo, 1999).

Gubernur Jawa Tengah didesak merevisi total Perda No. 4 tahun 2001 tentang Tertib Pemanfaatan Jalan dan Pengendalian Kelebihan Muatan yang

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN					
Dinamika Rekayasa	Vol. 1	No. 1	Hlm : 1 - 34	ISSN 1858-3075	Purwokerto Agustus 2005

secara substansial dinilai amburadul dan justru tidak menghindarkan terhadap ancaman kecelakaan di jalan raya akibat beroperasinya kendaraan bermuatan berlebih. Kecenderungan yang terjadi menunjukkan bahwa selama pemberlakuan Perda tersebut jumlah pelanggaran kelebihan muatan justru meningkat. Kecelakaan di Kecamatan Jambu, Semarang dan runtuhnya Jembatan Cipunagara sebagai bukti bahwa truk kelebihan muatan sangat berbahaya bagi keselamatan dan kenyamanan masyarakat umum. (Kompas, 6 Januari 2005).

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

- 1) Berapakah beban optimal kendaraan truk agar biaya transportasi dan kerusakan konstruksi jalan minimal ?
- 2) Berapakah disparitas/perbedaan biaya transportasi beban as truk pada kondisi beban normal/beban diizinkan saat ini, beban optimum dan beban berlebih ?

Dalam pelaksanaan penelitian dibatasi dengan ruang lingkup sebagai berikut.

- 1) Ruas jalan yang dikaji meliputi : ruas Jl. Ir. Sutami Surakarta, Surakarta-Kartosura, Kartosura-Boyolali yang didesain untuk MST- 8 ton dan umur rencana 10 tahun.
- 2) Pengambilan data berat kendaraan angkutan barang (truk) dilakukan di Jembatan Timbang Toyoga, Sragen.
- 3) Kendaraan angkutan barang yang diteliti yaitu.
 - a) Kendaraan sumbu tunggal meliputi : Truk 2 as 8 ton, Truk 2 as 13 ton dan Truk 4 as/truk gandeng.
 - b) Kendaraan sumbu ganda yaitu truk 3 as 20 ton.
- 4) Komponen biaya untuk memperkirakan biaya operasional kendaraan meliputi : pemakaian bahan bakar (*fuel consumption*), pemakaian minyak pelumas (*lubricating oil consumption*), perawatan kendaraan (*vehicle maintenance*) yang meliputi pemakaian suku cadang (*parts consumption*), jumlah jam tenaga kerja (*labour hours*), pemakaian ban kendaraan (*tyre consumption*), penyusutan (*depreciation*), jumlah jam operasi awak kendaraan (*crew hours*) dan biaya pemilikan (*standing cost*),
- 5) Retribusi akibat kelebihan muatan hanya dikenakan pada kendaraan yang

membawa beban di atas beban normal/beban izin sesuai dengan Perda Provinsi Jawa Tengah No. 4 Tahun 2001 tentang Tertib Pemanfaatan Jalan dan Pengendalian Kelebihan Muatan.

LANDASAN TEORI

Biaya Perusakan Jalan atau Damage Factor Cost (DFC)

Ukuran untuk menentukan suatu ruas jalan mengalami kelebihan muatan adalah dengan menggunakan nilai faktor truk yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$TF = \frac{ESAL}{N} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :
 TF : *truck factor* atau faktor truk
 ESAL : *equivalent single axle load*
 N : jumlah truk

Menurut Rahim (2001) jika faktor truk lebih dari 1 maka dikatakan telah terjadi kelebihan muatan pada ruas jalan yang diteliti. Dampak negatif muatan sumbu berlebih terhadap perkerasan jalan ditentukan dengan menghitung nilai daya rusak yang ditimbulkan oleh kendaraan tersebut. Nilai daya rusak sebanding dengan pangkat empat beban sumbu kendaraan seperti rumus Liddle di bawah :

$$ESAL = k \times \left[\frac{P}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots (2)$$

dengan :
 P : beban sumbu dalam kg
 ESAL : *equivalent single axle load* atau angka ekivalen beban sumbu
 K : 1 untuk sumbu tunggal;
 0,086 untuk sumbu tandem;
 0,053 untuk sumbu triple

Jalan yang rusak sebelum waktu ekonominya habis menimbulkan kerugian biaya. Biaya kerusakan jalan yang ditimbulkan akibat muatan berlebih pertahun untuk setiap ESAL dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$DFC = \frac{MC \times LoR}{\sum ESAL_{norm}} \times \Delta ESAL \dots\dots\dots (3)$$

dengan :
 DFC : *damage factor cost*
 MC : *maintenance cost* atau biaya penanganan jalan/km-tahun
 LoR : panjang ruas jalan (km)

ESAL_{norm} : *equivalent single axle load* pada beban sumbu normal
 Δ ESAL : selisih ESAL muatan berlebih dan ESAL normal

menjadi sederhana, repetisi beban lalu lintas dihubungkan dengan lalu lintas harian rerata (LHR) sehingga dapat diukur dalam satuan waktu (tahun). Penurunan kemantapan jalan tidak linear terhadap waktu tetapi merupakan fungsi parabola sederhana terhadap waktu (Waluyo,1999).

Biaya Akibat Penurunan Umur Pelayanan Jalan/Deficit Design Life Cost (DDLCC)

$$AE18KSAL = 365 \times (1+i)^n \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \times (A_i \times E_i \times C_i) \dots\dots\dots (4)$$

AE18KSAL : lintas ekuivalen kumulatif pada lajur rencana
 A_i : jumlah kendaraan untuk 1 jenis kendaraan, dinyatakan dalam kendaraan/hari/2arah pada tahun perhitungan volume lalu lintas.
 E_i : angka ekuivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan
 C_i : koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana
 i : faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dari perhitungan volume lalu lintas dilakukan sampai saat jalan dibuka
 n : faktor pertumbuhan lalu lintas jalan dibuka sampai pengamatan.
 n : jumlah tahun pengamatan
 n : jumlah tahun saat diadakan perhitungan volume sampai jalan dibuka

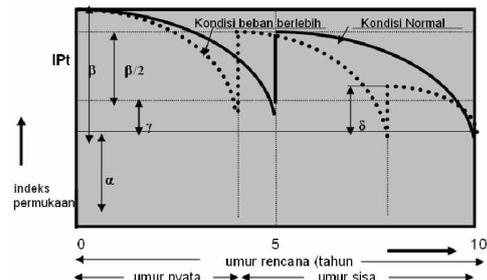
Faktor mayoritas yang menyebabkan turunnya kinerja atau tingkat pelayanan suatu jalan dipengaruhi oleh repetisi beban lalu lintas, umur perkerasan dan lingkungan (Sukirman,1995).

Umur kinerja jalan (*performance periode*) adalah masa pelayanan jalan dimana pada akhir masa pelayanan dibutuhkan rehabilitasi atau pelapisan ulang (*overlay*). Umur rencana jalan dapat sama atau lebih besar dari umur kinerja jalan.

Menurut AASHTO '86 umur kinerja jalan akibat beban lalu lintas diperkirakan sesuai dengan persamaan (4).

Kerugian biaya akibat penurunan umur rencana jalan ditentukan secara empiris berdasarkan penurunan tingkat kemantapan jalan. Tingkat kemantapan jalan akan menurun seiring dengan repetisi beban lalu lintas. Untuk membuat permasalahan menjadi sederhana, repetisi beban lalu lintas dihubungkan dengan lalu lintas harian rerata (LHR) sehingga dapat diukur dalam satuan waktu (tahun). Penurunan kemantapan jalan tidak linear terhadap waktu tetapi merupakan fungsi parabola sederhana terhadap waktu (Waluyo,1999).

Kerugian biaya akibat penurunan umur rencana jalan ditentukan secara empiris berdasarkan penurunan tingkat kemantapan jalan. Tingkat kemantapan jalan akan menurun seiring dengan repetisi beban lalu lintas. Untuk membuat permasalahan



Gambar 6. Penurunan kemantapan jalan pada kondisi normal dan beban berlebih

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh beban sumbu yang paling optimal pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Menetapkan skenario pembebanan truk MGW, HGV truk 2 as 13 ton, HGV truk 3 as 20 ton dan truk 4 as/truk gandeng yang beroperasi pada tiap ruas jalan yang diteliti.
- 2) Menghitung biaya operasional kendaraan (BOK) masing-masing jenis sumbu kendaraan dalam satuan Rp/kendaraan.
- 3) Menghitung biaya perusakan jalan dan biaya yang timbul akibat penurunan umur pelayanan jalan (*deficit design life cost*) dalam satuan Rp/kendaraan.
- 4) Menghitung kerugian biaya investasi infrastruktur prasarana jalan dalam

- satuan Rp/kendaraan dengan cara menjumlahkan DFC dan DDLC.
- 5) Menghitung biaya transportasi yaitu menjumlahkan biaya infrastruktur dan biaya operasional kendaraan (BOK).
 - 6) Mencari beban total optimum, biaya investasi infrastruktur, BOK dan biaya transportasi minimum untuk tiap jenis kendaraan pada ruas jalan yang diteliti.
 - 7) Menghitung disparitas (perbedaan) biaya transportasi truk pada kondisi beban normal/beban diizinkan, beban optimum dan beban berlebih (*overload*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Optimasi Beban Sumbu Kendaraan

- 1) Optimasi Beban Sumbu Kendaraan MGV truk 2 as 8 ton
 Hasil perhitungan optimasi beban

- untuk MGV truk 2 as 8 T dapat dilihat pada Tabel 1.
- 2) Optimasi Beban Sumbu Kendaraan HGV truk 2 as 13 ton
 Hasil perhitungan optimasi beban HGV truk 2 as 13 ton dapat dilihat Tabel 2.
 - 3) Optimasi Beban Sumbu Kendaraan *heavy goods vehicles* (truk 3 as)
 Hasil perhitungan optimasi beban jenis HGV truk 3 as 20 ton dapat dilihat pada tabel 3, sedangkan ilustrasi grafis biaya transportasi jenis HGV truk 3 as 20 ton pada tiap segmen jalan yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.
 - 4) Optimasi Beban Sumbu Kendaraan HGV truk gandeng (truk 4 as)
 Hasil perhitungan optimasi beban sumbu kendaraan jenis truk 4 as dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Biaya transportasi minimum MGV truk 2 as 8 ton

No. ruas	Nama ruas jalan	Panjang ruas jalan (km)	Beban total optimum (kg)	IC (Rp/kend)	BOK (Rp/kend)	Biaya transportasi min. (Rp/kend)
A020	Kartosura-Boyolali	17,70	7.500	1.275,17	19.503,4	21.255,2
A021	Surakarta-Kartosura	5,80	7.000	96,69	21.060,1	21.257,6
022 12	Jl. Ir. Sutami, Ska	1,80	8.000	384,96	14.928,4	15.313,4
Rerata			7.500	585,61	18.497,8	19.275,4

Tabel 2. Biaya transportasi minimum heavy goods vehicles truk 2 as 13 ton

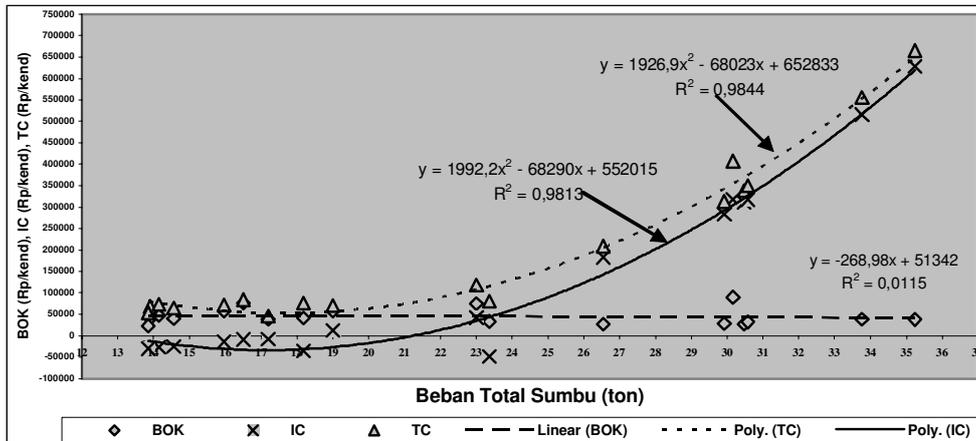
No. ruas	Nama ruas jalan	Panjang ruas jalan (km)	Beban total optimum (kg)	IC (Rp/kend)	BOK (Rp/kend)	Biaya transportasi min. (Rp/kend)
A020	Kartosura-Boyolali	17,70	13.500	-988,90	46.883,8	47.872,7
A021	Surakarta-Kartosura	5,80	12.500	-13.444,3	37.587,7	51.032,0
022 12	Jl. Ir. Sutami, Ska	1,80	12.000	-4.557,80	33.824,4	38.382,2
Rerata			12.666,7	6330,33	39431,9	45.762,3

Tabel 3. Biaya transportasi minimum HGV truk 3 as 20 ton (sumbu ganda)

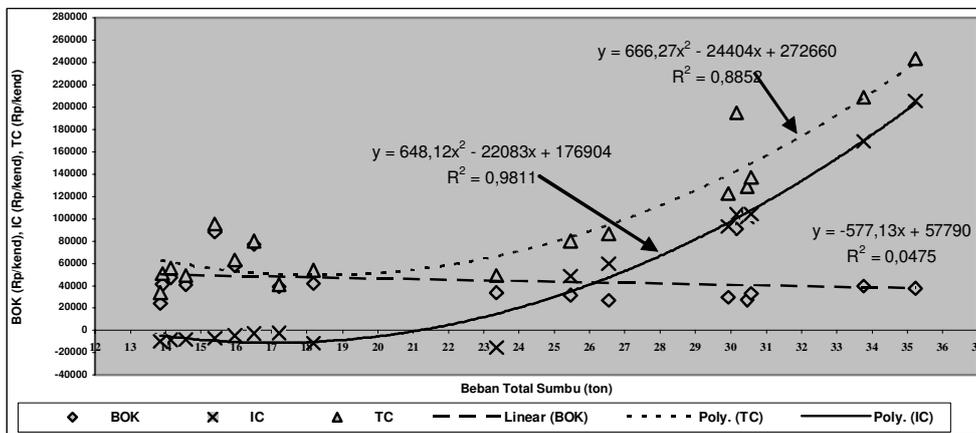
No. ruas	Nama ruas jalan	Panjang ruas jalan (km)	Beban total optimum (kg)	IC (Rp/kend)	BOK (Rp/kend)	Biaya transportasi min. (Rp/kend)
A020	Kartosura-Boyolali	17,70	21.000	-3.603,00	57.360,5	60.963,5
A021	Surakarta-Kartosura	5,80	21.000	-1.018,08	49.415,2	50.433,2
022 12	Jl. Ir. Sutami, Ska	1,80	21.000	-266,25	46.528,1	46.794,3
Rerata			21.000	1.629,11	51.101,5	52.730,4

Tabel 4. Biaya transportasi minimum HGV truk 4 as

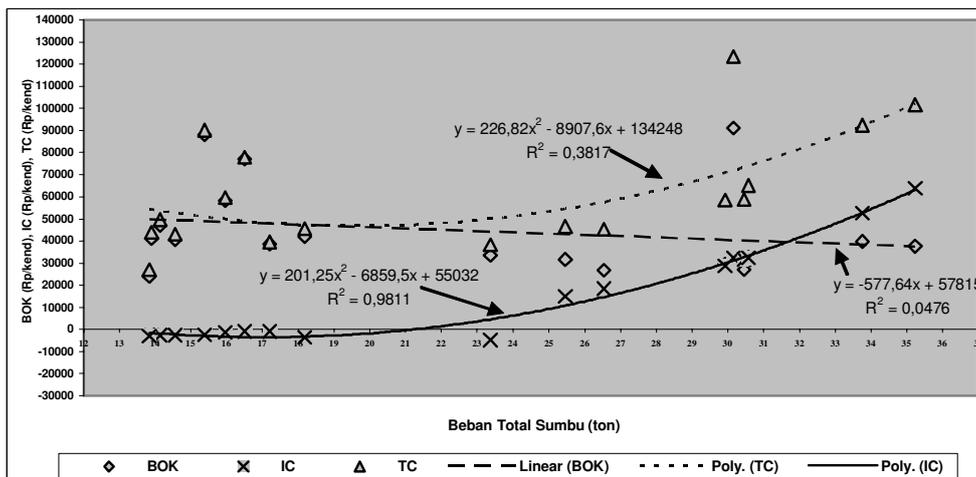
No. ruas	Nama ruas jalan	Panjang ruas jalan (km)	Beban total optimum (kg)	IC (Rp/kend)	BOK (Rp/kend)	Biaya transportasi min. (Rp/kend)
A020	Kartosura-Boyolali	17,70	26.500	1.765,73	28.814,7	45.720,63
A021	Surakarta-Kartosura	5,80	26.500	-31.123,7	28.827,1	59.950,8
022 12	Jl. Ir. Sutami, Ska	1,80	26.500	543,77	28.827,6	29.371,3
Rerata			26.500	11.144,4	28.823,1	45.014,2



Gambar 2. Biaya Transportasi HGV Truk 3 As 20 T Ruas Jl. Kartosura-Bojolali



Gambar 3. Biaya Transportasi HGV Truk 3 As 20 T Ruas Jl. Surakarta-Kartosura



Gambar 4. Biaya Transportasi HGV Truk 3 As 20 T Ruas Jl. Ir. Sutami Surakarta

B. Disparitas Biaya Transportasi

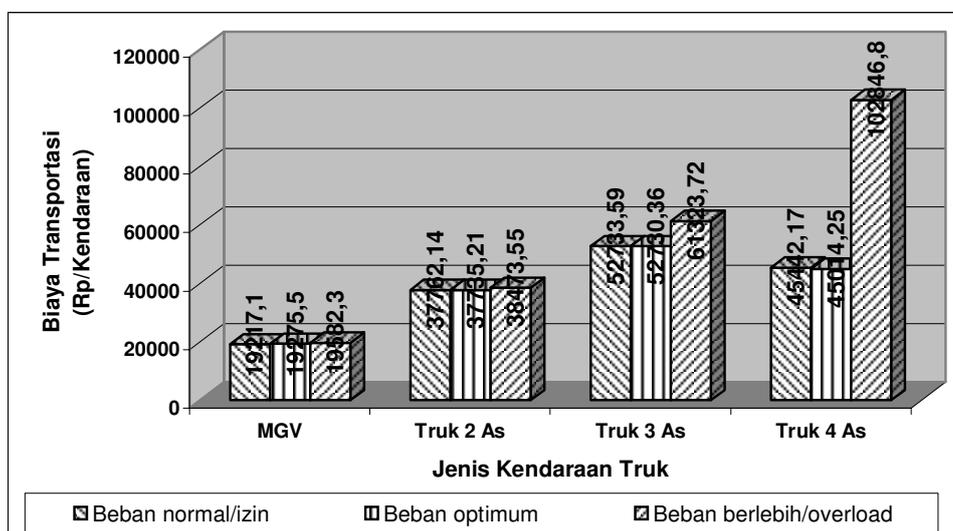
Disparitas biaya transportasi pada kondisi beban normal (beban yang diizinkan), beban optimum dan beban berlebih (*overloading*) dapat dilihat pada Tabel 5. Jika disajikan dalam bentuk grafik diagram batang hasilnya pada Gambar 5.

(DFC). Pada kondisi *overloading* akan terjadi kenaikan biaya kerusakan jalan yang sangat drastis dibandingkan pada kondisi optimum maupun kondisi beban normal. Sehingga beban berlebih harus dihindari agar kerusakan konstruksi jalan dapat dihindari dan umur jalan sesuai dengan umur rencana.

C. Kerusakan Konstruksi Jalan

Tabel 5. Rerata disparitas biaya transportasi ruas jalan Solo-Kartosura-Boyolali

No	Jenis kendaraan	Beban (kg)			Biaya transportasi (Rp)		
		Normal	Optim	Overload	Beban normal	Beban optimum	Beban overload
1	MGV truk 2 as 8 ton	7.129,5	7.500	7.889,88	19.217,1	19.275,5	19.582,3
2	HGV truk 2 as 13 ton	13.052,2	12.666	14.076,9	37.762,1	37.735,2	38.473,6
3	HGV truk 3 as 20 ton	19.700,7	21.000	22.012,1	52.733,6	52.730,4	61.323,7
4	HGV truk gandeng	27.706	26.500	32.677,9	45.442,2	45.014,2	102.846,8



Gambar 5. Disparitas atau perbedaan biaya transportasi pada kondisi beban normal (izin), beban optimum, dan beban berlebih (*overloading*)

Biaya operasional kendaraan pada kondisi beban normal, beban optimal dan beban berlebih mempunyai nilai yang hampir sama. Artinya berapapun besarnya beban yang dibawa tidak akan menurunkan atau menambah biaya operasional kendaraan (BOK), tetapi mempunyai biaya transportasi sangat berbeda. Adanya perbedaan biaya transportasi tersebut menunjukkan kenyataan bahwa pada beban optimum akan dihasilkan biaya transportasi yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan beban normal.

Perbedaan biaya transportasi pada kondisi beban normal, beban optimal dan beban berlebih (*overloading*) dipengaruhi oleh biaya infrastruktur jalan terutama biaya kerusakan jalan atau *damage factor cost*

Kerusakan konstruksi jalan diindikasikan dengan adanya penurunan umur pelayanan jalan. Besarnya penurunan umur pelayanan jalan dihitung berdasarkan persamaan (4) untuk masing-masing ruas jalan yang dikaji.

Untuk mencari umur kinerja jalan dilakukan dengan cara trial and error, sampai diperoleh AE 18 KSAL dari perhitungan Persamaan (4) sama dengan AE 18 KSAL dari nomogram Grafik Hubungan Antara ITP dan ΔIP (Lampiran 1).

Dari hasil analisis didapatkan bahwa ruas jalan Kartosuro-Boyolali dan Surakarta-Kartosuro yang didesain dengan umur rencana 10 tahun akibat adanya

beban berlebih, perubahan kondisi lingkungan dan repetisi beban lalu lintas mengalami penurunan umur pelayanan jalan sebesar 4 tahun, yang berarti hanya mampu memberikan pelayanan selama 6 tahun. Sedangkan ruas jalan Ir. Sutami, Surakarta yang didesain dengan umur rencana 10 tahun mengalami penurunan umur pelayanan jalan sebesar 5 tahun.

KESIMPULAN

1. Rerata beban optimum agar menghasilkan biaya transportasi minimum pada ruas jalan Solo-Kartosura-Boyolali sepanjang 25,30 km adalah jenis MGV 7.500 kg, HGV truk 2 as 13 ton 12.333,33 kg, HGV truk 3 as 20 ton 21.000 kg dan HGV truk 4 as (truk gandeng) 26.500 kg.
2. Biaya transportasi minimum dihasilkan pada saat kendaraan membawa beban optimum.
3. Kendaraan dengan beban berlebih (*overload*) menghasilkan biaya transportasi dan kerusakan jalan terbesar (maksimum).
4. Perbedaan atau disparitas biaya transportasi menunjukkan kenyataan bahwa pada beban optimum dihasilkan biaya transportasi yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan beban normal.

SARAN

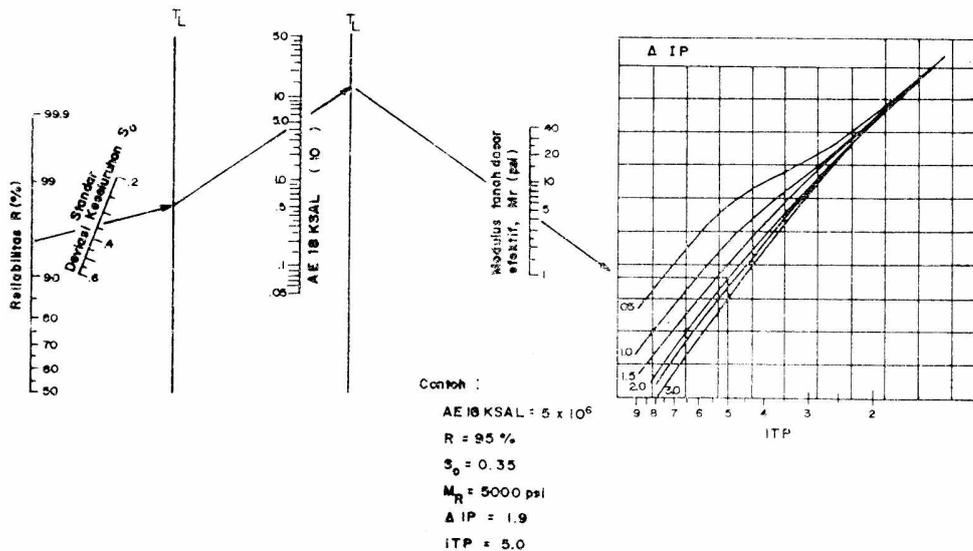
Memper memudahkan prosedur impor *Completely Built Up* (CBU) dan menekan bea masuk impor kendaraan truk *multi axle* beserta komponen-komponennya .

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972 Chapter III Revised 1986*. Washington, D.C.
- Anonim. 1999. *Majalah Teknik Jalan dan Transportasi No.094 Ed. Maret*. PT Pola Aneka, Jakarta.
- Kompas, 6 Januari 2005. *Gubernur Jawa Tengah Didesak Revisi Total Perda No. 4 Tahun 2001*.
- Rahim, Rahmad dan Heru Sutomo. 2001. *Optimalisasi Beban As Truk dan Perhitungan Pajak Jalan dalam rangka Meminimalkan Biaya Transportasi (Studi Kasus Jalan Lintas Timur Sumatra Provinsi Riau)*. Media Teknik No. 1 Tahun XXIII Edisi Februari 2001.
- Sugiyanto, Gito. 2002. *Optimalisasi Beban Sumbu Kendaraan dan Perhitungan Retribusi Kelebihan Muatan dalam Rangka Meminimalkan Biaya Transportasi dan Kerusakan Konstruksi Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Semarang-Surakarta-Mantingan, Provinsi Jawa Tengah)*. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sukirman, Silvia. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Waluyo, Tri Djoko. 1999. *Sebuah Analisis Tentang Nilai Kerugian Akibat Kelebihan Muatan*. *Majalah Teknik Jalan & Transportasi No.094 Ed.Maret*. PT Pola Aneka, Jakarta. hal. 21– 23.

LAMPIRAN 1

$$\log_{10} W_{18} = Z_R^* S_0 + 9.36 \log_{10} (ITP+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$



Nomogram Grafik Hubungan Antara ITP dan ΔIP