PREDIKSI KINERJA JALAN TERKAIT ESTIMASI KERUGIAN PENGGUNA JALAN SELAMA MASA REKONSTRUKSI JALAN

Dewa Ketut Sudarsana
Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya-Malang,
Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana-Bali
dksudarsana@gmail.com

Harnen Sulistio
Guru Besar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya-Malang,
harnen@ub.ac.id

Achmad Wicaksono
Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya-Malang,
wicaksono1968@yahoo.com

Ludfi Djakfar
Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya-Malang,
ldjakfar@ub.ac.id

Abstract

The low standard of National road is continuously reconstructed to establish Trans National connectivities. During the reconstruction period, the loss of road user costs and the negative impacts for surrounding environment were inccurred. Predicted losses of road users have not been conducted, so that it is important to be investigated. Initially, road performances were analyzed during road reconstruction. The road performances were analyzed using a descriptive method. Road performance variable includes running costs referred to the Bina Marga guidelines of Pd - T-15 -2005- B. National road reconstruction project in fiscal year 2013 is used as a case study. The results of the analysis are obtained as follows: 1) speed (Vm) can be predicted from the exponential relationship model in which degree of saturation in pre-reconstruction (DSp) is used as a generator variable. This generator variable is predicted declining at 6 km/h (DSp = 0.1); 2) The traffic flow (Qm) is predicted by multiplying the current pre-reconstruction flows with a factor of Fq. Traffic flows is predicted declining by 28% (Fq = 0.72); and 3) The degree of saturation (DSm) is predicted by a factor of Fds and estimated to increase by 30% (Fds = 1.3).

Keywords: *loss of road user cost, road reconstruction, predict, speed, flow, degree of saturation*

Abstrak

Jalan Nasional yang kondisinya masih sub standar terus direkonstruksi dalam rangka membangun konektifitas Trans Nasional. Selama masa rekonstruksi timbul dampak negatif berupa kerugian biaya pengguna jalan dan lingkungan sekitar. Prediksi kerugian pengguna jalan ini belum dilakukan, sehingga perlu dikaji. Pada tahap pertama, dianalisis prediksi kinerja jalan selama masa rekonstruksi. Kinerja ini dianalisis dengan metode deskriptif. Variabel kinerja jalan yang diprediksi adalah variabel yang terkait perhitungan biaya tidak tetap mengacu pada pedoman Bina Marga Pd-T-15-2005-B. Proyek rekontruksi jalan Nasional tahun anggaran 2013 dipergunakan sebagai kasus studi. Hasil analisis yang didapat: 1) Kecepatan (Vm) dapat diprediksi dari model hubungan eksponensial dengan variabel generatornya adalah derajat kejenuhan pra rekonstruksi (DSp), terprediksi penurunan mencapai 6 km/jam (DSp=0.1); 2) Arus lalu lintas (Qm), dapat diprediksi dari arus pra rekonstruksi dengan mengalikan fator Fq, terprediksi penurunan arus lalu lintas mencapai 28% (Fq=0.72); dan 3) Derajat kejenuhan (DSm) dapat diprediksi dengan faktor pengali Fds, terprediksi peningkatan mencapai 30% (Fds=1.3).

Kata kunci: *kerugian biaya pengguna jalan, rekonstruksi jalan, prediksi, kecepatan, arus, derajat kejenuhan*

PENDAHULUAN

Dalam rangka membangun konektivitas Trans Nasional, ruas jalan Nasional yang kondisinya masih sub standar terus dilakukan rekonstruksi. Selama masa pelaksanaan rekonstruksi timbul dampak negatif bagi masyarakat pengguna jalan dan lingkungan. Pada peningkatan/rekonstruksi jalan Batas Kota Negara-Pekutatan, Provinsi Bali tahun 2013

terjadi penurunan kapasitas jalan sebesar 32%, kecepatan kendaraan pada jam puncak turun dari 40 km/jam menjadi 35 km/jam, arus lalu lintas turun sebesar 18% (Sudarsana D.K. *et al*, 2013).

Penurunan kinerja jalan ini berdampak pada kerugian biaya pengguna jalan. Penelitian kerugian penggunan jalan yang dihitung menggunakan metode PCI pada proyek Peningkatan Jalan, di Provinsi Bali tahun anggaran 2012 mencapai 1.37% dari nilai kontrak fisik proyek perhari (Sudarsana D.K. *et al*, 2014).

Penelitian formulasi prediksi kerugian biaya pengguna jalan pada masa pelaksanaan rekonstruksi jalan di Indonesia belum dilakukan secara mendalam. Prediksi kecepatan kendaraan dan volume arus lalu lintas pada masa rekonstruksi juga belum diteliti, perlu dikaji.

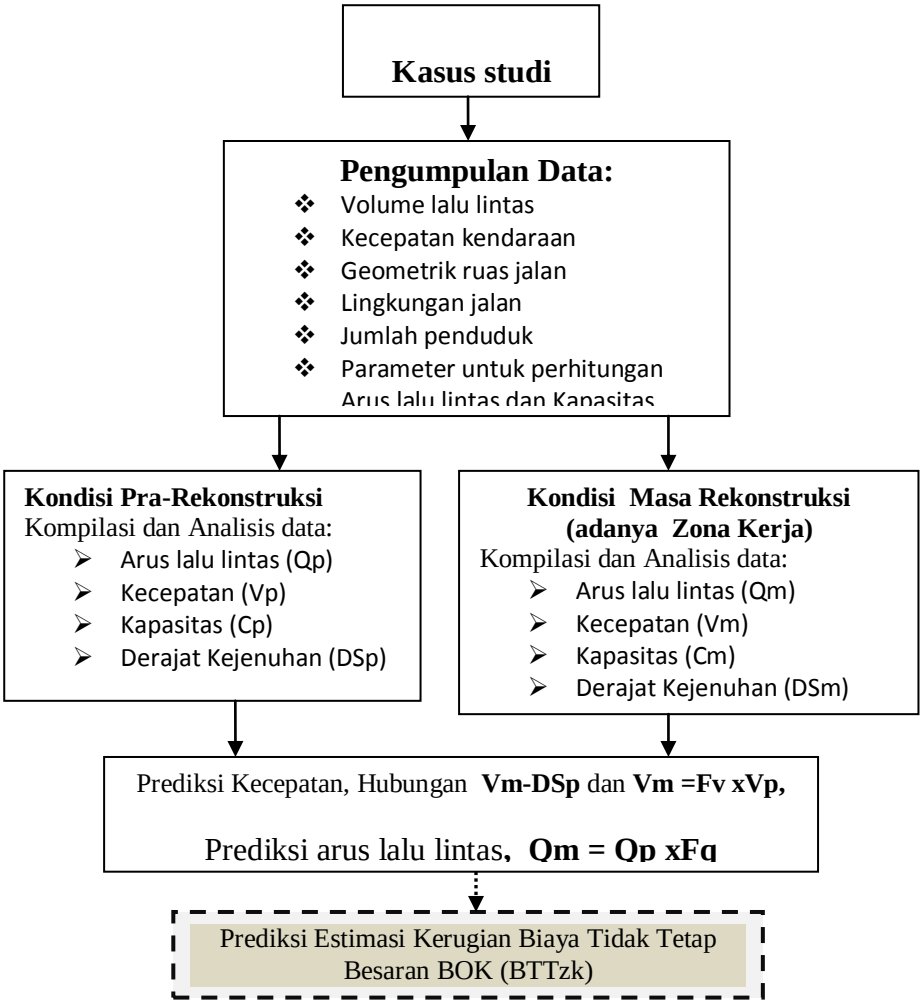
MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian dilakukan di Balai Pelaksana Jalan Nasional (BPJN)–VIII, Provinsi Bali. Kasus studi adalah proyek rekonstruksi jalan arteri/Nasional, 2 lajur 2 arah, perkotaan (dan semi perkotaan), tahun anggaran 2013. Ruas jalan yang distudi disajikan pada Tabel-1. Analisis deskriptif dan statistik dipergunakan untuk memformulasi prediksi kecepatan kendaraan dan arus lalu lintas terkait variabel lalu lintas pembentuk estimasi biaya operasi kendaraan (BOK). Lingkup pembahasan pada paper ini hanya terkait biaya tidak tetap besaran BOK. Acuan perumusan BOK menggunakan pedoman perhitungan BOK Departmen Pekerjaan Umum yaitu Pd-T-15-2005-B (DPU, 2005). Pedoman ini mengadaptasi beberapa persamaan dan parameter dari HDM IV tahun 2000. Analisis kinerja lalu lintas menggunakan pedoman MKJI tahun 1997 (DPU,1997). Secara digramatis tahapan analisis disajikan pada Gambar-1.

Tabel-1 Nama Ruas Jalan dan Panjang Penanganan Rekonstruksi

No kasus	Nama Ruas	Panjang (km)
7	Cekik-Bts. Kota Negara	12.53
8	Antosari-Bts. Kota Tabanan	7.06
9	Kota Singaraja dan Kubutambahan Cs	10.05
10	Batas Kota SIngaraja-Kubutambahan	7.37
11	*Western Ring Road (WRR*) Jimbaran-Uluwatu	8.30
12	Denpasar-Tuban	3.70

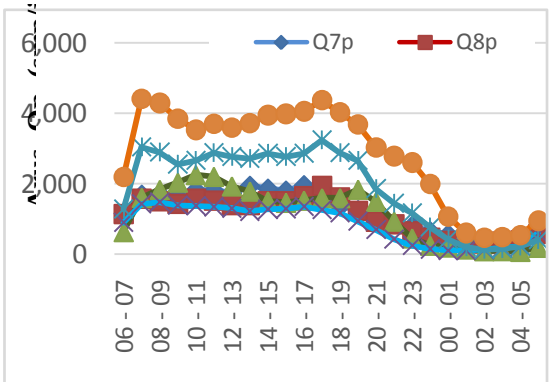
Sumber : BPJN-VIII Bali,2013 (dikompilasi)



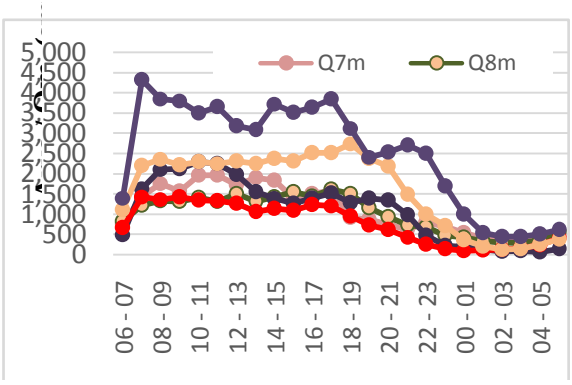
Gambar-1. Kerangka Analisis

DATA DAN ANALISIS

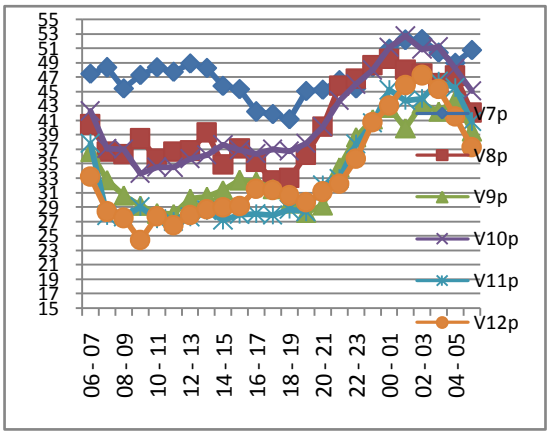
Hasil observasi dan kompilasi data untuk kondisi pra renkonstruksi (notasi-p) dan masa rekonstruksi (notasi –m), untuk ruas jalan pada Tabel-1, disajikan pada Gambar-2a dan 2b untuk fluktuasi arus lalu lintas (Qp dan Qm), kecepatan kendaraan rata rata (Vp dan Vm) disajikan pada Gambar-3a dan 3b, Derajat Kejenuhan (DSp dan DSm) disajikan pada Gambar-4a dan 4b (Sudarsana D.K, 2014).



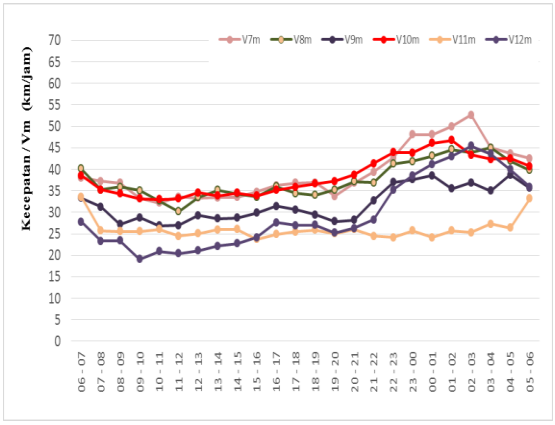
Gambar-2a. Fluktuasi Arus, Qp (smp/jam)



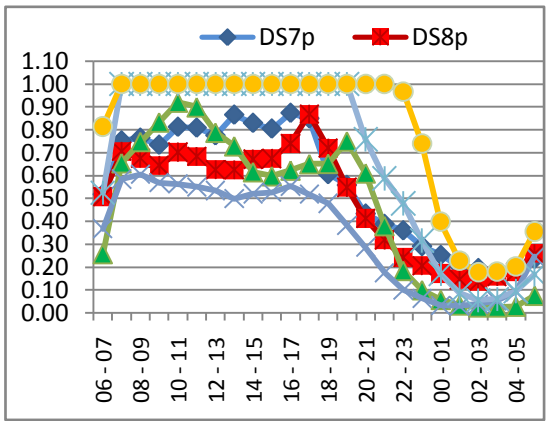
Gambar-2b. Fluktuasi Arus, Qm (smp/jam)



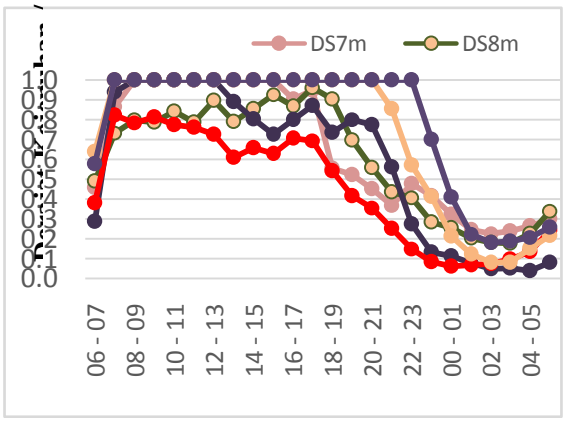
Gambar-3a. Fluktuasi Kecepatan, Vp (km/jam)



Gambar-3b. Fluktuasi Kecepatan, Vm (km/jam)



Gambar-4a. Fluktuasi Derajat Kejenuhan, DSp



Gambar-4b. Fluktuasi Derajat Kejenuhan, DSm

Variabel kinerja lalu lintas yang terkait prediksi BTT besaran BOK dari pedoman Pd-T-15-2005-B (DPU, 2005) dapat diidentifikasi sebagai berikut:

V_R = Kecepatan rata-rata
A_R = Percepatan rata-rata
SA = Simpangan baku percepatan
DS = Derajat kejenuhan jalan (ratio volume arus (V) dengan kapasitas (C) =V/C)

Percepatan rata-rata A_R dapat dihitung dengan persamaan (1), yaitu:

$$A_R = 0.0128\ (V/C) = 0.012 \quad (1)$$

Simpangan baku percepatan (SA) ditentukan dari persamaan (2), yaitu:

$$SA = SA\ max\ (1{,}04/(1+e^{(a0 + a1)* DS}) \quad (2)$$

Dengan penjelasan:
SA max = Simpangan baku percepatan maksimum (m/s2) (default = 0,75)
a0, a1 = koefisien parameter (tipikal/default a0 = 5,140 ; a1 = - 8,264).

Berdasarkan uraian diatas, variabel kinerja lalu lintas jalan yang berpengaruh terkait BTT besaran BOK adalah V_R (kecepatan rata-rata), Volume arus lalu lintas Q atau (V), dan DS (derajat kejenuhan). Variabel pembentuk terkait estimasi kerugian biaya tidak tetap besaran BOK akibat zona kerja pada masa pelaksanaan rekonstruksi jalan (BTTzk), adalah variabel kinerja jalan (V,Q,DS) pada kondisi pra rekonstruksi (notasi-p) yaitu Vp, Qp dan DSp pada masa rekontruksi (notasi-m) yaitu Vm, Qm dan DSm.

Untuk mendapatkan prediksi variabel kinerja jalan pada masa rekonstruksi Vm, Qm dan DSm dapat dianalisis dari hubungan antar variabel-variabel pada pra konstruksi dan masa rekonstruksi.

Hubungan Vp-DSp

Pada pra rekonstruksi jalan hubungan antara kecepatan (Vp) dengan derajat kejenuhan jalan (DSp), dapat dipergunakan memprediksi kecepatan pra konstruksi. Model hubungan Vp-DSp yang paling signifikan yang didapat adalah model eksponensial. Model ini memiliki koefisien korelasi (r=0.72), koefisien determinasi (R^2=0.59) dan rata-rata residul kwadrat (RMS=0.19). Model hubungan Vp ini dapat dirumuskan seperti pada persamaan (3), dan dapat dilihat pada Gambar-5 dan Gambar-7.

$$Vp = 49.0750\ e^{-0.4770\ DSp} \quad (3)$$

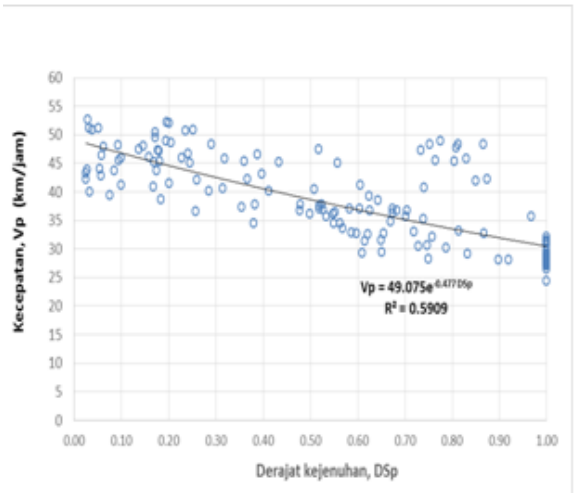
Dimana :
Vp = Kecepatan rata-rata kendaraan kondisi pra rekonstruksi (km/jam)
DSp = Derajat kejenuhan jalan kondisi pra rekonstruksi

Hubungan Vm-DSm

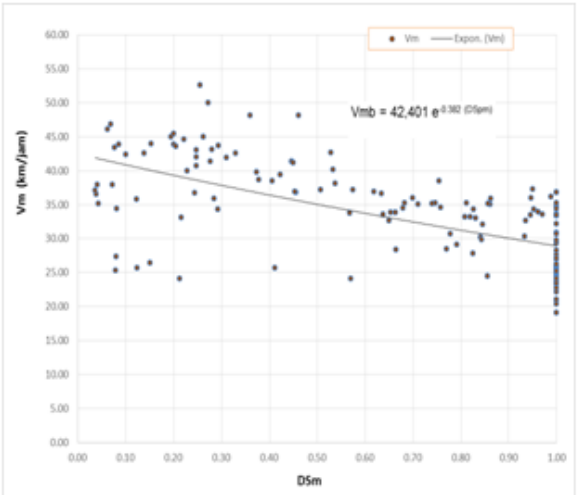
Pada masa rekonstruksi jalan didapat hubungan antara kecepatan (Vm) dengan derajat kejenuhan jalan (DSm). Model hubungan Vm-DSm dipergunakan untuk memprediksi kecepatan kendaraan akibat zona kerja pada masa rekonstruksi. Model hubungan Vm-DSm yang paling signifikan yang didapat adalah model eksponensial. Model ini memiliki koefisien korelasi (r=0.614), koefisien determinasi (R2=0.376) dan rata-rata residul kwadrat (RMS=0.03) (Bhattacharyya G.K. et al, 1997; Trihendardi C., 2011). Model Vm ini dapat dirumuskan seperti persamaan (4), dan dapat dilihat pada Gambar-6 dan Gambar-7.

$$Vm = 42.4010\ e^{-0.3820\ DSp} \quad (4)$$

Dimana:
Vm = Kecepatan rata-rata kendaraan kondisi masa rekonstruksi jalan (km/jam)
DSm = Derajat kejenuhan jalan kondisi masa rekonstruksi



Gambar-5. Model Hubungan Vp-DSp



Gambar 6. Model Hubungan Vm-DSm

Model eksponensial yang didapat pada persamaan (4), serupa dengan model yang dikembangkan Greenberg tahun 1959 dan selaras dengan penelitian pada kasus – kasus penyempitan (merge) lajur jalan (Indrajaya Y. *et al*, 2003; Doh T. *et al*,2009).

Pada Gambar-7, disajikan model prediksi kecepatan rata-rata Vp dan Vm dengan DSp sebagai variabel generator. Gambar-7 ini adalah gabungan dari model hubungan Vp-DSp dari Gambar-5 dan Vm-DSm dari Gambar-6.

Pada Gambar-7 dapat ditunjukkan terjadi penurunan kecepatan terprediksi mencapai 6 km/jam, dari Vp=47 km/jam menjadi Vm=41 km/jam (pada DS=0.10).

Hubungan Vp-Vm

Hubungan Vp-Vm dikembangkan untuk memprediksi kecepatan masa rekonstruksi. Faktor penyesuaian kecepatan masa rekonstruksi (Fv), dipergunakan sebagai faktor pengali untuk memprediksi kecepatan pada masa rekonstruksi (Vm). Fv dihitung dari rasio rata-rata kecepatan sampel masa rekonstruksi (Vmr) dengan kecepatan rata-rata pra rekonstruksi (Vpr). Hubungan ini dapat diformulasikan seperti pada persaman (5).

$$Vp = Fv \times Vm \quad (5)$$

Atau

$$Fv = Vmr / Vpr$$

Dengan didapatnya parameter Fv (lihat Gambat 8) maka prediksi kecepatan masa rekonstruksi (Vm) dengan variable generator Vp dapat dirumuskan seperti pada persamaan (6a).

$$Vm = Fv. Vp \quad (6a)$$

Dimana:

Vm = Kecepatan kendaraan kondisi masa rekonstruksi jalan (km/jam), lihat Gambar 8
Vp = Kecepatan kendaraan kondisi pra rekonstruksi jalan (km/jam), lihat Gambar 8
Fv = Faktor penyesuain kecepatan kendaraan pada masa rekonstruksi

Hubungan Vp-Vm

Hubungan Vp-Vm dikembangkan untuk memprediksi kecepatan masa rekonstruksi. Faktor penyesuaian kecepatan masa rekonstruksi (Fv), dipergunakan sebagai faktor pengali untuk memprediksi kecepatan pada masa rekonstruksi (Vm). Fv dihitung dari rasio rata-rata kecepatan sampel masa rekonstruksi (Vmr) dengan kecepatan rata-rata pra rekonstruksi (Vpr). Hubungan ini dapat diformulasikan seperti pada persaman (6b).

$$Vmr = Fv \times Vpr \quad (6b)$$

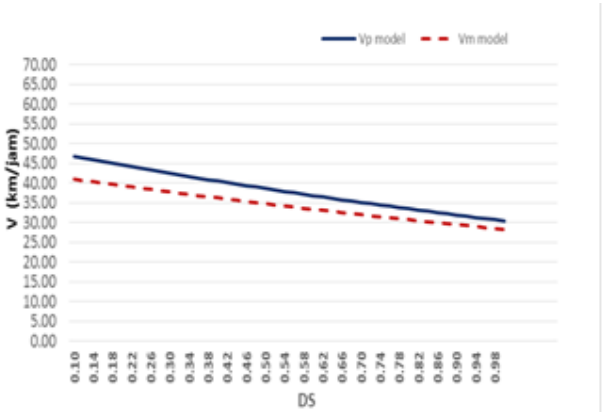
Atau

$$Fv = Vmr / Vpr$$

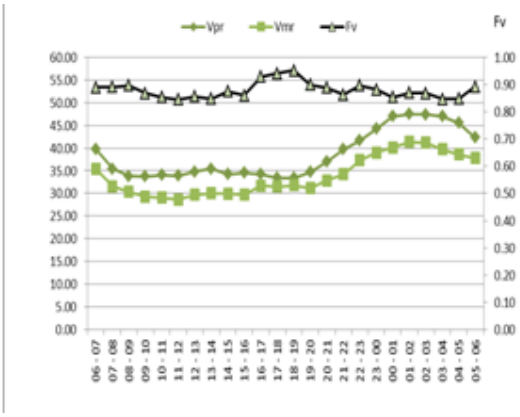
Dengan didapatnya parameter Fv (lihat Gambat 8) maka prediksi kecepatan masa rekonstruksi (Vm) dengan variable generator Vp dapat dirumuskan seperti pada persamaan (7).

$$Vm = Fv.\ Vp \qquad (7)$$

Dimana:
Vm = Prediksi kecepatan rata-rata kendaraan kondisi masa rekonstruksi jalan (km/jam), lihat Gambar 8
Vp = Kecepatan rata-rata kendaraan kondisi pra rekonstruksi jalan (km/jam), lihat Gambar 8
Fv = Faktor penyesuain kecepatan kendaraan pada masa rekonstruksi



Gambar 7. Model Hubungan Vp-DS dan Vm-DS



Gambar 8 Faktor penyesuain kecepatan Fv

Hubungan Qp-Qm

Faktor penyesuain volume lalu lintas pada masa rekonstruksi (Fq), dipergunakan sebagai faktor pengali untuk memprediksi volume arus masa rekonstruksi (Qm). Fq dihitung dari rasio rata-rata arus lalu lintas masa rekonstruksi (Qmr) dengan arus rata-rata pra rekonstruksi (Qpr) seperti persaman (8).

$$Qmr = Fq \times Qpr \qquad (8)$$

Atau

$$Fq = Qmr\ /Qpr$$

Dimana:
Fq = Faktor penyesuain volume lalu lintas pada masa rekonstruksi
Qpr = Rata-rata volume lalu lintas pra rekonstruksi (smp/jam), lihat Gambar-9

Qmr = Rata-rata volume lalu lintas masa rekonstruksi (smp/jam), lihat Gambar-9

Nilai parameter Fq dapat disajikan pada Gambar 8. Arus lalu lintas selama masa rekonstruksi jalan di Provinsi Bali, didapat penurunan Fq mencapai 28% (Fq minimum=0.72).

Berdasarkan parameter Fq yang didapat, maka prediksi volume lalu lintas masa rekontruksi (Qm) dapat dirumuskan seperti pada persamaan (9).

$$Qm = Qp \times Fq \quad (9)$$

Dimana:
Qm = Prediksi volume lalu lintas masa rekonstruksi (smp/jam
Qp = Volume lalu lintas pra rekonstruksi/eksisting (smp/jam)
Fq = Faktor penyesuain volume lalu lintas pada masa rekonstruksi, lihat Gambar-8

Hubungan DSp-DSm

Faktor peningkatan angka DS atau faktor penyesuaian derajat kejenuhan / tingkat layanan jalan (Fds), dipergunakan untuk memprediksi peningkatan derajat kejenuhan pada masa rekonstruksi (DSm). Fds dihitung dari rasio rata-rata DS masa rekonstruksi (DSmr) dengan rata-rata DS pra rekonstruksi(DSpr) seperti persamaan (10).

$$DSmr = Fds \times DSpr \quad (10)$$

Atau,

$$Fds = DSmr/DSpr$$

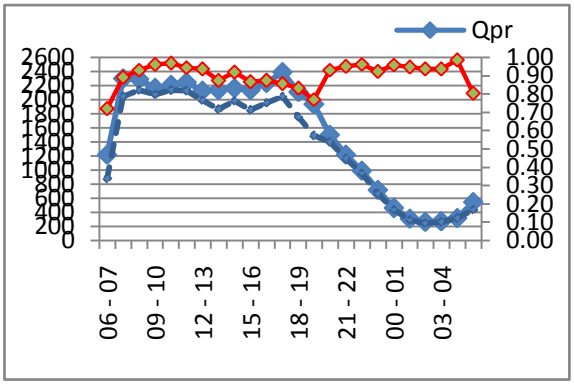
Dimana:
Fds = Faktor penyesuaian derajat kejenuhan jalan pada masa rekonstruksi
DSpr = Rata-rata DS jalan pra rekonstruksi, lihat Gambar -9
DSmr = Rata-rata DS jalan masa rekonstruksi, lihat Gambar -9

Nilai parameter Fds disajikan pada Gambar-9. Nilai DS jalan pada masa rekonstruksi jalan di Provinsi Bali didapat ada peningkatan sampai mencapai 30% (Fds maksimum =1.30).

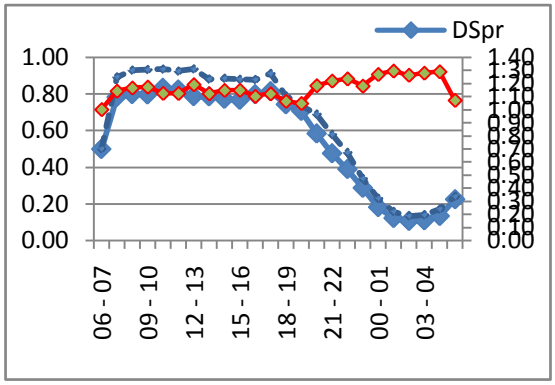
Berdasarkan Fds yang didapat, maka dapat diprediksi derajat kejenuhan masa rekontruksi seperti pada persamaan (11).

$$DSm = Fds \times DSp \quad (11)$$

Dimana:
DSm = Prediksi DS jalan masa rekonstruksi
DSp = DS jalan pra rekonstruksi/eksisting
Fds = Faktor penyesuaian derajat kejenuhan jalan pada masa rekonstruksi, lihat Gambar -9



Gambar-8. Faktor penyesuain volume lalu lintas Fq



Gambar-9. Faktor penyeseuain DS, Fds

KESIMPULAN

Pada jalan Nasional perkotaan/semi perkotaan, tipe 2 lajur 2 arah di Propinsi Bali selama masa rekonstruksi jalan, prediksi kinerja lalu lintas jalan yang terkait biaya tidak tetap besaran biaya operasi kendaraan seperti kecepatan (Vm), arus (Qm) dan derajat kejenuhan (DSm) dapat diprediksi dengan model berikut:

1. Kecepatan Vm diprediksi dengan model matematis yaitu $Vm = 42.4010\ e^{-0.3820\ DSp}$. Terprediksi penurunan kecepatan masa rekonstruksi mencapai 6 km/jam (DSp=0.1). Dengan mengembangkan factor penyesuain kecepatan Fv, prediksi kecepatan masa rekonstruksi dapat dirumuskan yaitu Vm = Fv x Vp.
2. Volume lalu lintas Qm dapat diprediksi dengan model Qm = Fq x Qp. Terprediksi penurunan arus pada masa rekonstruksi mencapai 28% (Fq=0.72)
3. Derajat kejenuhan DSm dapat diprediksi dengan model DSm= Fds x DSp. Terprediksi kenaikan derajat kejenuhan masa rekonstruksi mencapai 30% (Fds=1.30).

DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharyya, G.K. and Johnson, R.A., 1977. Statistical Concepts and Methods. John Wiley and Sons.

DPU (Departemen Pekerjaan Umum) 1997. *Manual Kapsitas Jalan di Indonesia (MKJI).*

DPU (Departemen Pekerjaan Umum). 2005. Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan, Nomor: Pd.T-15-2005-B, Puslitbang Prasarana Transportasi

Doh Tcheolwoong, Kim Hyunsang, Kang Kyungwoo and Kook Wookang, 2009. Analysis of Speed-Density Traffict Flow Models on A Merge Influence in An Uninterrupted Facility. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol.7

Indrajaya Yupiter, Riyanto Bambang dan Widodo Das'at, 2003. Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik lalu Lintas, Studi kasus pada ruas jalan Kota Demak-Kudus, Km.5, Jurnal Pilar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponogoro., 12 (2): 64-72.

Sudarsana Dewa Ketut, Harnen Sulistio, A Wicaksono dan Ludfi Djakfar. 2013. Kajian Kinerja Jalan Akibat Adanya Zona Kerja (Work Zone). Prosiding The 16th FSTPT International Symposium, UMS Surakarta, 1 – 3 Nov 2013

Sudarsana Dewa Ketut, Sulistio Harnen, Wicaksono Achmad and Djakfar Ludfi, 2014. The Analysis Of Work Zone Road User Costs Due To The Delay Completion Of The Road Maintenance Project. Adv. in Nat. Appl. Sci., 8(3): 103-108

Sudarsana Dewa Ketut. 2014. Model Kerugian Pengguna Jalan Pada Masa Pelaksanaan Proyek Rekonstruksi Jalan. Draft Naskah Disertasi, Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Trihendardi C., 2011. Langkah Mudah Melakukan Analisis Statistik Menggunakan SPSS 19. Andi Yogyakarta