

MODEL HUBUNGAN ANTARA KERUSAKAN JALAN DAN KECEPATAN KENDARAAN DI JALAN PERKOTAAN

Arief Setiawan
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Tadulako
ariefsetiawan.untad@gmail.com

Dewi Afriyanti
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Tadulako
dewi.afriyanti789@gmail.com

Rizka Dwi Febriana
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Hasanuddin
dwifebrianarizka123@gmail.com

Abstract

Roads are designed with a design speed according to their function and level of service. Along with increasing age of the pavement, the road will experience damage which will have an impact on reducing the level of service. The purpose of this study is to determine the model of the relationship between the level of damage and vehicle speed. The research location is Jalan I Gusti Ngurah Rai, Palu City, Central Sulawesi Province. The method used to measure the level of damage is the Pavement Condition Index (PCI) and vehicle speed is measured using the Speed View GPS Pro Android application. The results of the level of damage associated with changes in vehicle speed of motorcycles, light vehicle and heavy vehicles. The resulting model shows that the relationship between value of IKP and vehicle speed is linear. The model that can be used to determine vehicle speed (V) for motorcycles (MC) and light vehicles (LV) with a VCR limit of 0.80 and road type 2/2 undivided.

Keywords: road pavement; Pavement Condition Index; vehicle speed; road damage

Abstrak

Jalan dirancang dengan kecepatan desain sesuai dengan fungsi dan tingkat pelayanan. Seiring dengan bertambahnya umur perkerasan, jalan akan mengalami kerusakan yang memberi dampak penurunan tingkat pelayanan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan model hubungan antara tingkat kerusakan dan kecepatan kendaraan. Lokasi penelitian adalah Jalan I Gusti Ngurah Rai, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kerusakan adalah Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) dan kecepatan kendaraan diukur dengan aplikasi Android Speed View GPS Pro. Hasil tingkat kerusakan dihubungkan dengan perubahan kecepatan sepeda motor, kendaraan ringan dan kendaraan berat. Model yang dihasilkan menunjukkan bahwa hubungan Indeks Kondisi Perkerasan dan kecepatan kendaraan adalah linier. Model-model yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan kecepatan kendaraan (V) pada jenis kendaraan sepeda motor (MC) dan kendaraan ringan (LV), dengan batasan VCR sebesar 0,80 dan tipe jalan adalah 2/2 tidak terbagi.

Kata-kata kunci: perkerasan jalan; Indeks Kondisi Perkerasan; kecepatan kendaraan; kerusakan jalan

PENDAHULUAN

Penentuan kinerja lalu lintas di ruas jalan perkotaan didasarkan pada nisbah volume lalu lintas per kapasitas jalan atau derajat kejenuhan (*degree of saturation*), kecepatan rata-rata kendaraan ringan (Kementerian Perhubungan, 2015), dan waktu tempuh rata-rata kendaraan ringan (Ditjen Bina Marga, 2023). Volume lalu lintas diperoleh dari survei di lapangan, sedangkan kapasitas jalan dapat ditentukan sesuai dengan standar (Ditjen Bina Marga, 2023). Penentuan kapasitas jalan tersebut memperhitungkan lebar jalur lalu lintas, pemisah arah, hambatan samping, dan ukuran kota, tetapi tidak memperhitungkan kondisi perkerasan jalan atau perkerasan jalan diasumsikan dalam kondisi yang mantap.

Perkerasan jalan akan mengalami kerusakan selama masa layanannya, sehingga akan memengaruhi kinerja lalu lintas. Akibatnya, kendaraan akan mengalami hambatan, karena

kecepatan kendaraan akan berkurang ketika melewati jalan rusak. Salah satu indikator kondisi permukaan jalan adalah International Roughness Index (IRI). Semakin besar nilai IRI atau semakin besar ketidakrataan permukaan jalan, sesuai jenis perkerasan, kecepatan kendaraan akan menurun (Sayers dan Karamihas, 1998). Kondisi jalan diklasifikasikan man-tap jika memiliki rentang nilai IRI antara 0 m/km hingga 6 m/km (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011). Salah satu kekurangan IRI adalah mengukur ketidakrataan atau kerusakan permukaan jalan yang dilalui oleh roda kendaraan ukur. Namun, IRI memiliki kelebihan, yaitu mampu melakukan pengukuran kondisi permukaan jalan dengan cepat dan dapat menggunakan aplikasi smartphone (Setiawan et al., 2019). Selain IRI, metode yang dapat digunakan untuk mengukur kondisi permukaan jalan adalah Indeks Kondisi Perkerasan atau IKP (Kementerian PUPR, 2016).

IKP merupakan indikator kuantitatif kondisi permukaan perkerasan jalan yang memiliki rentang nilai mulai dari 0 sampai dengan 100, dengan nilai 0 menyatakan kondisi perkerasan paling jelek yang mungkin terjadi dan nilai 100 menyatakan kondisi perkerasan terbaik yang mungkin dicapai. IKP mempertimbangkan jenis, kepadatan, dan tingkat kepa-rahan kerusakan. Sembilan belas jenis kerusakan pada perkerasan lentur dapat diukur dengan metode ini (Kementerian PUPR, 2016). Penilaian kondisi perkerasan dengan metode IKP memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan IRI untuk kondisi perkerasan yang baik dan sedang. Sedangkan, kondisi perkerasan dengan rusak berat me-miliki kesesuaian antara nilai IRI dan IKP lebih baik (Marman et al., 2022; Wahyuni dan Setiawan, 2023).

Hadian dan Nahry (2019) meneliti hubungan kekasaran permukaan jalan dengan perubahan kecepatan kendaraan untuk dipertimbangkan dalam menentukan nilai *volume delay function* (VDF). Penelitian tersebut dilakukan di jaringan jalan nasional di Pulau Jawa, dengan tujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi pengaruh kekasaran permukaan jalan terhadap perubahan kecepatan kendaraan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada nilai Derajat Kejenuhan rendah, nilai IRI memberi pengaruh terhadap kecepatan kendaraan, demi-kian sebaliknya. Bila derajat kejenuhan melebihi 0,85, kerataan permukaan tidak memberi dampak terhadap perubahan kecepatan kendaraan.

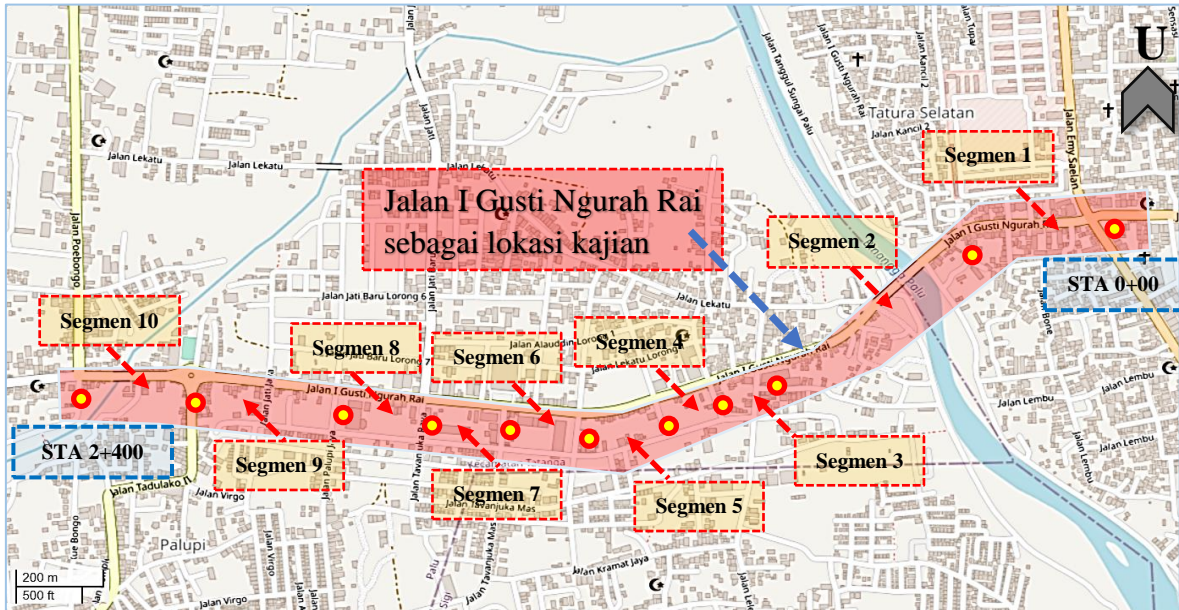
Penelitian ini penting untuk dilakukan karena kinerja lalu lintas yang melewati suatu jalan belum mempertimbangkan kerusakan perkerasan, khususnya di jalan perkotaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan hubungan antara kerusakan jalan dan kecepatan rata-rata kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, serta kendaraan berat di jalan perkotaan. Model diperlukan untuk menentukan seberapa besar perubahan kecepatan kendaraan akibat perubahan tingkat kerusakan jalan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Jalan I Gusti Ngurah Rai merupakan jalan perkotaan dengan status jalan provinsi di Kecamatan Palu Selatan, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Jalan ini mempunyai No. Ruas 0507, dengan panjang sekitar 2.440 m, lebar jalur lalu lintas antara 6 m hingga 11 m,

lebar bahu jalan sekitar 1 m sampai dengan 1,5 meter, tipe jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi, serta berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Di sepanjang Jalan I Gusti Ngurah Rai terdapat ruko, toko, sekolah, kantor, pasar, dan tempat pengisian bahan bakar. Peta lokasi daerah kajian dan pembagian segmen penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Daerah Kajian di Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Fikri dan Setiawan, 2021) lokasi ini memiliki nilai IKP rata-rata sebesar 39,58, yang berarti kondisi permukaan Jalan I Gusti Ngurah Rai adalah buruk atau *poor*. Pengukuran lendutan rata-rata, berdasarkan uji Benkelman Beam, adalah 856,38 μm , yang berarti jalan tersebut perlu perbaikan *structural overlay* (Ditjen Bina Marga, 2017). Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada tahun 2021 di jalan ini adalah 31.993 kendaraan per hari (Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Sulteng, 2021).



Gambar 2 Situasi Jalan I Gusti Ngurah Rai pada Segmen 2 (foto diambil 29/07/2023)

Penelitian ini membagi Jalan I Gusti Ngurah Rai menjadi 10 segmen atau ruas. Pembagian segmen berdasarkan pada pertimbangan letak titik persimpangan menjadi titik perubahan volume lalu lintas dan pemanfaatan lahan di jalan tersebut. Pencacahan volume per jenis kendaraan dilakukan per segmen serta disinkronkan dengan pengukuran kondisi perkerasannya. Data rasio volume per kapasitas (*volume capacity ratio* atau VCR) berjumlah 10 data, IKP dan kecepatan rata-rata tiap jenis kendaraan, yaitu *motor cycle* (MC), *light vehicle* (LV), dan *heavy vehicle* (HV), berjumlah 24 data dengan tinjauan per 100 m. Survei pengukuran kecepatan kendaraan dilakukan dengan mengikuti arus lalu lintas sesuai dengan jenis kendaraan yang ditinjau dan direkam dengan aplikasi Android Speed View GPS Pro. Survei dilaksanakan pada bulan April 2022 untuk mendapatkan data volume lalu lintas, kerusakan jalan, dan kecepatan tiap jenis kendaraan. Situasi Jalan I Gusti Ngurah Rai pada segmen 2 dapat dilihat pada Gambar 2.

Indeks Kondisi Perkerasan

Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) dilakukan dengan tahapan (Kementerian PUPR, 2016): (1) penentuan sampel, yang pada penelitian ini digunakan populasi; (2) penentuan jenis, dimensi, dan tingkat keparahan kerusakan per segmen; (3) penentuan nilai kerapatan per segmen; (4) penentuan nilai pengurang per segmen; (5) penentuan nilai pengurang terkoreksi per segmen; (6) perhitungan nilai IKP per segmen; dan (7) penentuan nilai IKP rata-rata sepanjang ruas jalan kajian. Skala penilaian dapat dilihat pada Gambar 3. Perbedaan skala kualitatif antara Pavement Condition Index atau PCI (Shahin, 1994) dan IKP (Shahin, 2005; Kementerian PUPR, 2016) menunjukkan bahwa IKP memiliki standar sedikit lebih tinggi. Sebagai contoh, ditunjukkan bahwa nilai 40-55 memiliki nilai kondisi perkerasan sedang (*fair*) untuk PCI tetapi memiliki kondisi jelek (*poor*) untuk IKP.

Nilai	Rating *	Skala **
100	<i>Excellent</i>	Sangat Baik (<i>Good</i>)
85	<i>Very Good</i>	Baik (<i>Satisfactory</i>)
70	<i>Good</i>	Sedang (<i>fair</i>)
55	<i>Fair</i>	Jelek (<i>Poor</i>)
40	<i>Poor</i>	Parah (<i>Very Poor</i>)
25	<i>Very Poor</i>	Sangat Parah (<i>Serious</i>)
10	<i>Failed</i>	Hancur (<i>Failed</i>)
0		

Catatan: * *Rating* PCI (Shahin, 1994); dan ** Skala IKP (Shahin, 2005; Kementerian PUPR, 2016).

Gambar 3 Skala Penilaian PCI dan IKP

Kinerja Lalu Lintas

Derajat kejenuhan atau VCR merupakan suatu ukuran kinerja lalu lintas. VCR diukur pada segmen yang telah ditentukan (Gambar 1) dan diambil untuk seluruh populasi. Survei

dilakukan pada jam puncak lalu lintas di sore hari, yaitu pada jam 17.00-18.00 WITA, yang diolah dari data LHR 2021 (Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Sulteng, 2021). Perhitungan VCR untuk jalan perkotaan mengikuti panduan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (Ditjen Bina Marga, 1997).

Regresi Linier Sederhana dan Koefisien Determinasi

Pendekatan yang digunakan pada pemodelan hubungan antara tingkat kerusakan jalan dan kecepatan kendaraan adalah regresi linier sederhana. Penelitian ini menggunakan Microsoft®Excel untuk menyelesaikan pemodelan dengan regresi linier. DeCoursey (2003) menyebutkan bahwa persamaan yang digunakan untuk n pasangan data (x_i, y_i) adalah:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (1)$$

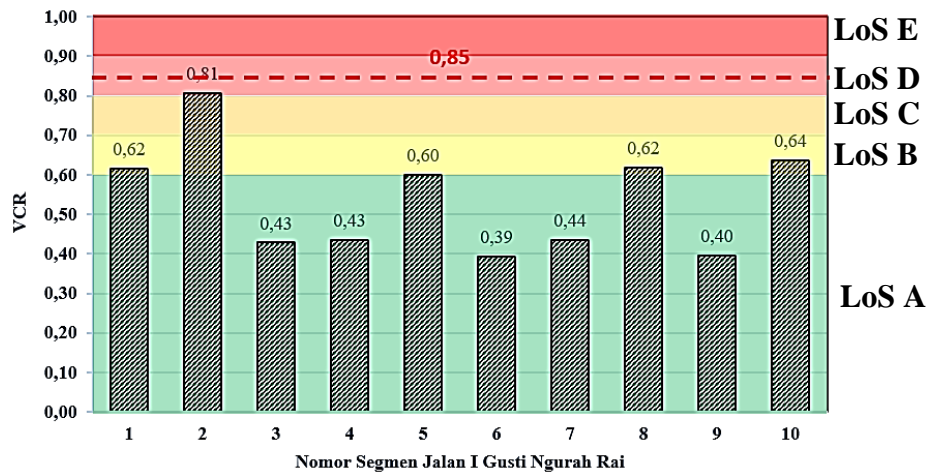
Secara grafik, konstanta a menunjukkan intersep, dan b merupakan koefisien regresi, yang menunjukkan besarnya pengaruh kerusakan jalan terhadap kecepatan kendaraan, yang pada grafik berupa *slope*. Variabel bebas dilambangkan x_i , yang pada penelitian ini adalah tingkat kerusakan jalan, dan y_i adalah variabel terikat, yang pada penelitian ini adalah kecepatan kendaraan. Sedangkan \hat{y}_i adalah nilai estimasi kecepatan kendaraan untuk populasi $E(Y)$.

Koefisien Determinasi (R^2) dapat digunakan untuk mengukur kecocokan model terhadap data (Walpole et al., 2007). Koefisien determinasi menunjukkan apakah variabel bebas yang dipilih dapat menjelaskan variabel terikat (Khodaii et al., 2012; Hadiwardoyo dan Fikri, 2013; dan Walpole et al., 2007). Witczak et al. (2002) mengklasifikasikan nilai R^2 dan kriteria kecocokan dengan R^2 lebih besar daripada 0,9 merupakan kriteria sangat baik, R^2 antara 0,70 hingga 0,89 merupakan kriteria baik, R^2 antara 0,40 hingga 0,69 merupakan kriteria cukup, R^2 antara 0,20 hingga 0,39 merupakan kriteria buruk, dan R^2 lebih kecil daripada 0,19 merupakan kriteria sangat buruk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja lalu lintas

Di sepanjang Jalan I Gusti Ngurah Rai terdapat 4 segmen dengan nilai VCR sekitar 0,6 dan hanya 1 segmen dengan nilai VCR sebesar 0,81, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai VCR sebesar 0,85 ditetapkan sebagai acuan yang menunjukkan bahwa kinerja lalu lintas di suatu jalan masih dipengaruhi oleh tingkat kerusakan jalan (Hadian dan Nahry, 2019). Secara umum dapat dikatakan bahwa kinerja lalu lintas di jalan ini masih memenuhi standar minimal untuk sistem jalan arteri sekunder, yaitu C. Segmen 2 memiliki nilai VCR tertinggi, karena di daerah tersebut terdapat ruko-ruko yang memiliki bangkitan perjalanan yang relatif lebih besar daripada segmen-segmen lainnya.



Gambar 4 Nilai VCR dan Tingkat Pelayanan di Jalan I Gusti Ngurah Rai

Tingkat Kerusakan Jalan

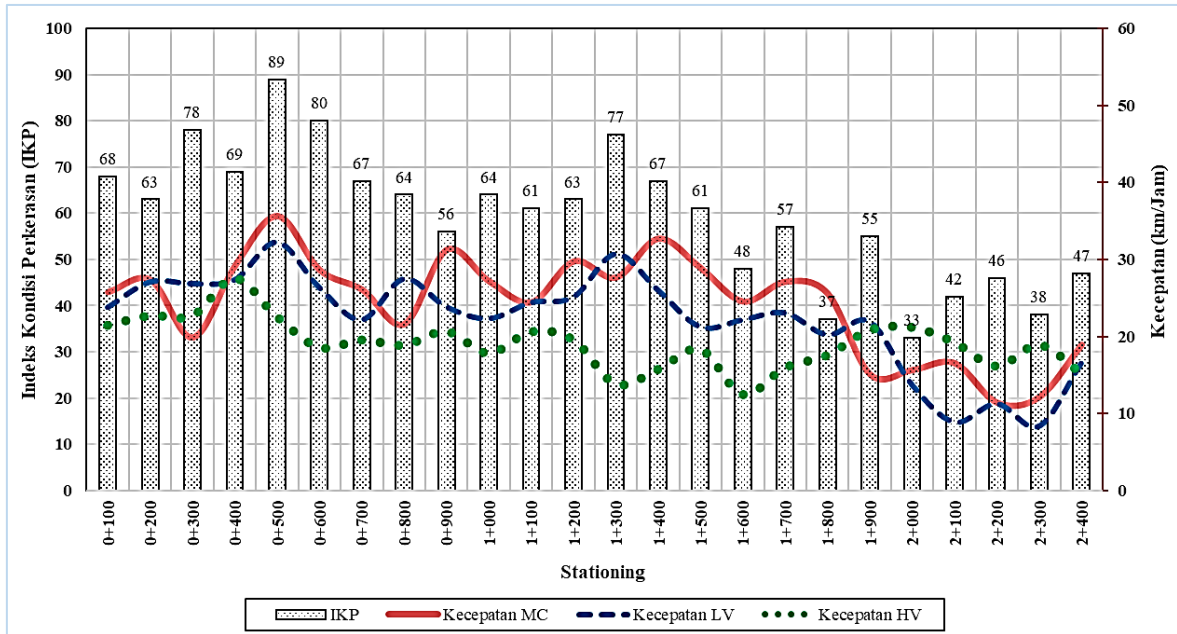
Data hasil perhitungan IKP ditampilkan pada Gambar 5 dalam bentuk histogram. Nilai terendah adalah 33 (parah) dan nilai tertinggi adalah 89 (sangat baik). Nilai IKP rata-rata untuk Jalan I Gusti Ngurah Rai adalah 59,6 (sedang), deviasi standar atau kedekatan dengan IKP rata-ratanya sebesar 14,4, dan variabilitas atau sebaran data terhadap IKP rata-ratanya adalah 24,7 %. Variabilitas atau koefisien variasi (*coefficient of variation, CV*) dapat digunakan sebagai indikator homogenitas nilai IKP di Jalan I Gusti Ngurah Rai. Semakin besar nilai CV semakin heterogen atau bervariasi nilai tingkat kerusakan jalan di lapangan.

Kecepatan Kendaraan

Data survei kecepatan kendaraan rata-rata untuk jenis-jenis kendaraan MC, LV, dan HV disajikan pada Gambar 5 dalam bentuk garis. Bentuk garis dipilih karena kecepatan merupakan data kontinyu. Kecepatan rata-rata tertinggi kendaraan adalah MC, yaitu 24,3 km/jam, diikuti oleh kendaraan LV, yaitu 22,2 km/jam, dan yang paling rendah adalah HV, yaitu 19,1 km/jam. Deviasi standar kecepatan sepeda motor (6,5 km/jam) hampir sama dengan deviasi standar kecepatan mobil penumpang (6,3 km/jam). Hal ini menunjukkan bahwa karakter berkendara pengemudi kedua jenis kendaraan tersebut hampir sama. Kendaraan HV memiliki nilai deviasi standar terendah (3,3 km/jam), yang berarti variasi kecepatan kendaraan-kendaraan jenis ini kecil, karena dimensi kendaraannya menyebabkan sulit untuk melakukan perubahan kecepatan di jalan perkotaan.

Kriteria kecepatan desain untuk jalan perkotaan adalah (10-60) km/jam. Namun, jika melihat pada jalan arteri sekunder, rentang kecepatan desain adalah (30-60) km/jam. Berdasarkan kriteria kecepatan desain, kecepatan di Jalan I Gusti Ngurah Rai masih memenuhi rentang tersebut, tetapi untuk fungsi jalan arteri sekunder belum memenuhi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kerusakan jalan yang terjadi di jalan tersebut, penjelasan ini terlihat di Gambar 6. Kecepatan prediksi model untuk jalan kondisi baik ($85 < IKP < 100$), kecepatan LV dapat mencapai 31,707 km/jam hingga 37,302 km/jam (Tabel 1). Dengan asumsi luas 24 segmen IKP sama, nilai IKP rata-rata untuk Jalan I Gusti Ngurah Rai adalah 59,6 dengan

kriteria kondisi sedang (*fair*). Namun, jika dilakukan penanganan terhadap kerusakan, perlu dianalisis lebih detail per segmen. Rekomendasi yang diusulkan untuk dilakukan penanganan dalam satu ruas jalan tersebut adalah nilai IKP dengan koefisien variasi atau variabilitas kurang dari 30%. Batasan ini diperoleh dari analogi pengujian variabilitas lendutan pada pengujian Benkelman beam (BSN, 2011). Selain itu, perlu diperhatikan segmen dengan nilai terendah atau kritis untuk dilakukan penanganan khusus (Ditjen Bina Marga, 2017).



Gambar 5 IKP dan Kecepatan Kendaraan di Jalan I Gusti Ngurah Rai

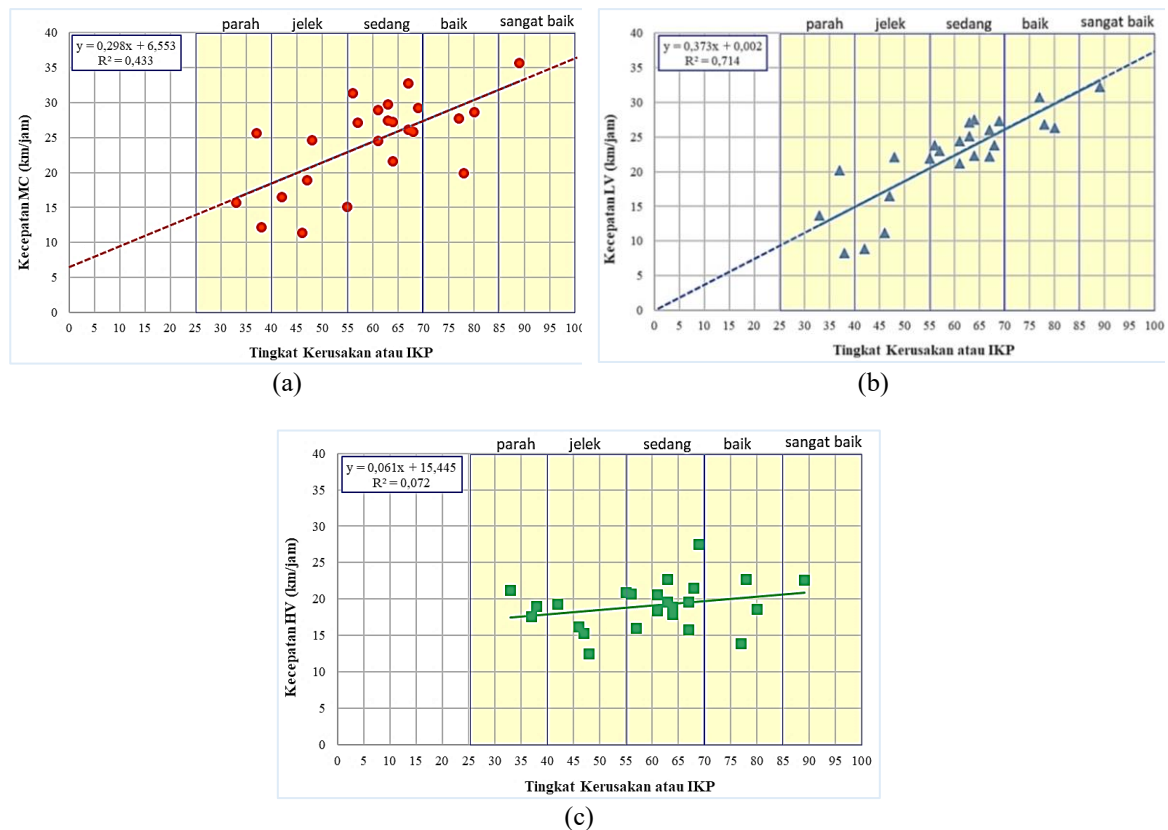
Model Tingkat Kerusakan Jalan dan Kecepatan Kendaraan

Pendekatan model regresi linier memberikan hasil yang cukup baik, seperti terlihat pada Gambar 6 dan persamaan regresi dirangkum pada Tabel 1. Garis putus-putus menunjukkan ekstrapolasi untuk melihat intersep pada nilai IKP sebesar 0 dan nilai IKP sebesar 100. Hal ini digunakan untuk memprediksi kecepatan kendaraan yang mungkin terjadi pada kondisi jalan terbaik maupun pada kondisi jalan terburuk di lapangan.

Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dengan hasil uji *F* menunjukkan bahwa secara bersama-sama konstanta dan IKP berpengaruh signifikan untuk jenis kendaraan sepeda motor dengan *significance F* sebesar 0,00047 dan kendaraan ringan memiliki *significance F* sebesar $2,01557 \cdot 10^{-07}$. IKP dan intersep tidak signifikan untuk kendaraan berat, yakni *significance F* sebesar 0,20596.

Tabel 1 Model Hubungan antara Kerusakan Jalan (IKP) dan Kecepatan Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Persamaan	R ²	V (km/jam)		
				IKP=0	IKP=85	IKP=100
1	Sepeda Motor	$V_{MC} = 0,298 \text{ IKP} + 6,553$	0,433	6,553	31,883	36,353
2	Kendaraan Ringan	$V_{LV} = 0,373 \text{ IKP} + 0,002$	0,714	0,002	31,707	37,302
3	Kendaraan Berat	$V_{HV} = 0,061 \text{ IKP} + 15,445$	0,072	IKP tidak signifikan		



Gambar 6 Hubungan antara Tingkat kerusakan Jalan dan Kecepatan Kendaraan (a) MC; (b) LV; dan (c) HV

Berdasarkan uji t diketahui bahwa IKP berpengaruh signifikan pada perubahan kecepatan MC dan LV dengan nilai p -value 0,00047 dan $2,01557 \cdot 10^{-07}$, berturut-turut. Namun, uji t untuk konstanta tidak signifikan dengan p -value 0,15497 untuk MC dan 0,99945 untuk LV. Hal ini menunjukkan persamaan pada Tabel 1, Kecepatan atau V dipengaruhi oleh IKP sebagai variabel tunggal. Variabel IKP menjelaskan 43,3% untuk MC dan 71,4% untuk LV.

Gambar 6 (a), Gambar 6 (b), dan Gambar 6 (c) menunjukkan bahwa data kecepatan terukur pada kondisi jalan parah hingga kondisi jalan sangat baik, yang artinya 5 kondisi tingkat kerusakan terwakili. Data kecepatan kendaraan yang diperoleh lebih banyak pada kondisi kerusakan jalan sedang, yakni 13 segmen atau 54% total segmen yang diteliti. Kemiringan garis (*slope*) menunjukkan besarnya pengaruh IKP pada masing-masing kecepatan untuk setiap jenis kendaraan. Garis regresi kendaraan jenis MC, LV, dan HV memiliki *slope* 0,298, 0,373, dan 0,061, berturut-turut. Berdasarkan data *slope*, IKP memiliki pengaruh terbesar pada LV.

Gambar 6 (c) menunjukkan penyebaran data kecepatan HV. Secara visual data tersebut tidak membentuk pola linier dan hasil analisis regresi menunjukkan pengaruh IKP tidak signifikan (uji t dengan p -value sebesar 0,20597) terhadap kecepatannya. Hal ini disebabkan kendaraan berat di perkotaan akan menurunkan kecepatan, sehingga ketika melewati jalan dengan kondisi baik maupun dengan kondisi rusak, kecepatannya relatif tetap. IKP menjelaskan perubahan kecepatan sepeda motor dengan cukup baik (R^2 sebesar

0,433) tetapi tidak sebaik kendaraan ringan (R^2 sebesar 0,714). Sepeda motor relatif lebih mampu menghindari kerusakan jalan dengan kategori baik hingga kategori sedang selama perjalanan, berbeda dengan kendaraan ringan, sehingga pengaruh IKP lebih tinggi pada kecepatan kendaraan ringan. Hal tersebut juga tergambar dari *slope* pada Gambar 6 (a), Gambar 6 (b), dan Gambar 6 (c).

KESIMPULAN

Berdasarkan studi ini dapat ditarik kesimpulan bahwa model yang dapat dikembangkan untuk menentukan kecepatan kendaraan (V) pada jenis kendaraan sepeda motor (MC) dan kendaraan ringan (LV), dengan persamaan-persamaan $V_{MC} = 0,298 \text{ IKP} + 6,553$ dan $V_{LV} = 0,373 \text{ IKP} + 0,002$, dengan batasan VCR 0,80; tipe jalan 2/2 tidak terbagi, dan tingkat pelayanan minimal C. Pada kendaraan berat (HV) tidak ditemukan kecocokan antara variabel IKP dan kecepatan rata-ratanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam; Standar Nasional Indonesia (SNI) 2416:2011*. Jakarta.
- DeCoursey, W.J. 2003. *Statistics and Probability for Engineering Applications with Microsoft® Excel*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Sulawesi Tengah (Sulteng). 2021. *Kompilasi Data LHR 2021*. Tidak Dipublikasikan. Palu.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017. Revisi 9, Edisi Kedua*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia No. 09/P/BM/2023*. Jakarta.
- Fikri, M. dan Setiawan, A. 2021, *Kondisi Perkerasan dan Penanganan Jalan I Gusti Ngurah Rai Kota Palu*. Tugas Akhir Tidak Dipublikasikan. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Palu: Universitas Tadulako.
- Hadian, E. dan Nahry. 2019. *Pengaruh Nilai Kerataan Permukaan (IRI) terhadap Perubahan Kecepatan: Studi Kasus Jaringan Jalan Nasional di Pulau Jawa*. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik. Depok: Universitas Indonesia.
- Hadiwardoyo, S.P. dan Fikri, H. 2013, *Use of Buton Asphalt Additive on Moisture Damage Sensitivity and Rutting Performance of Asphalt Mixtures*. Civil and Environmental Research, 3 (3): 100–109.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Jakarta.

- Kementerian Perhubungan. 2015. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, Nomor PM 96 Tahun 2015; Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2016. *Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP); Pd 01-2016-B*. Pedoman Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil. Jakarta.
- Khodaii, A., Haghshenas, H.F., dan Tehrani, H.K. 2012. *Effect of Grading and Lime Content on HMA Stripping Using Statistical Methodology*. *Construction and Building Materials*, 34: 131–135.
- Marman, Nirmalawati, dan Kamaludin, T.M. 2022. *Analisis Kondisi Jalan dan Jembatan pada Ruas Batas Sulawesi Tengah Surumana-Pasangkayu Provinsi Sulawesi Barat*. Tesis Tidak Dipublikasikan. Program Pascasarjana. Palu: Universitas Tadulako.
- Sayers, M.W. dan Karamihas, S.M. 1998. *Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles*. Ann Arbor, MI: University of Michigan.
- Setiawan, A., Pradani, N., dan Masoso, C.F. 2019. *Pemanfaatan Aplikasi Smartphone untuk Mengukur Kemantapan Permukaan Jalan Berdasarkan International Roughness Index*. *Jurnal Transportasi* 19 (3): 205–2014
- Shahin, M.Y. 1994. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. New York, NY: Springer.
- Shahin, M.Y. 2005. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots, Second Edition*. New York, NY: Springer.
- Wahyuni, S. dan Setiawan, A. 2023. *Perbandingan Penilaian Kondisi Permukaan Jalan Pramuka Kabupaten Sigi Berdasarkan Metode Indeks Kondisi Perkerasan dan International Roughness Index*. Tugas Akhir Tidak Dipublikasikan. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Palu: Universitas Tadulako.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., dan Ye, K. 2007. *Probability & Statistics for Engineers Scientists Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. 8th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Witczak, M.W., Kaloush, K., Pellinen, T., El-Basyouny, M., dan Quintus, H.V. 2002. *Simple Performance Test for Superpave Mix Design*. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, DC.