

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE (PP) TERHADAP KETAHANAN RAVELLING CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (THE EFFECT OF WASTE POLYPROPYLENE (PP) PLASTIC TO THE RAVELLING RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE MIXES)

Hery Awan Susanto¹⁾, Karina Merdiana²⁾, Eva Wahyu Indriyati³⁾

^{1),2),3)}Universites Jenderal Soedirman

^{1),2),3)}Jl. Raya Mayjen Sungkono No. KM 5, Dusun 2, Blater, Kec. Kalimanah, Kab. Purbalingga, Jawa Tengah 53371

e-mail: ¹⁾ hery.susanto@unsoed.ac.id, ²⁾karina.merdiana@mhs.unsoed.ac.id, ³⁾eva.indriyati@unsoed.ac.id

^{*}corresponding author

Diterima: 20 Juli 2021 ; direvisi: 17 November 2021; disetujui: 29 November 2021.

ABSTRAK

Ravelling adalah kerusakan jalan yang terjadi ketika ikatan antar agregat dan aspal telah hilang. Salah satu faktor kerusakan ravelling disebabkan oleh nilai kohesi dan adhesi yang semakin menurun. Oleh karena itu, faktor material menjadi salah satu parameter dalam meningkatkan nilai kohesi dan adhesi pada aspal. Untuk meningkatkan kualitas material sekaligus sebagai upaya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, maka limbah plastik jenis polypropylene (PP) digunakan pada campuran asphalt concrete wearing course (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik polypropylene (PP) terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan revelling dilihat dari nilai VIM dan nilai abrasi dengan variasi kadar polypropylene (PP) sebanyak 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat aspal yang digunakan. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ cenderung mengalami kenaikan, sedangkan nilai Flow, VIM dan VFA cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya presentase kadar limbah plastik polypropylene (PP) dalam aspal. Sedangkan untuk hasil nilai abrasi dengan alat modifikasi raveling sederhana menunjukkan bahwa semakin bertambahnya presentase kadar limbah plastik polypropylene (PP) dalam aspal maka nilai VIM dan abrasinya semakin kecil. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan plastik polypropylene (PP) dapat meningkatkan kinerja campuran terhadap ketahanan ravelling dilihat dari nilai VIM pada parameter marshall dan nilai abrasi dari pengujian ravelling.

Kata Kunci: *ravelling, karaktersitik marshall,vim, polypropylene, AC-WC.*

ABSTRACT

Ravelling is road damage that occurs when the bond between aggregate and asphalt has been lost. One of the factors of ravelling damage is caused by the decreasing value of cohesion and adhesion. Therefore, the material factor becomes one of the parameters in increasing the value of cohesion and adhesion to asphalt. To improve material quality as well as an effort to reduce environmental pollution, polypropylene (PP) plastic waste is used in asphalt concrete wearing course mixtures. This study aims to determine the effect of adding polypropylene (PP) plastic waste to marshall characteristics and revelling resistance seen from the VIM value and abrasion value with variations in polypropylene (PP) waste content as much as 0%, 2%, 4%, and 6% of the weight of the asphalt. Marshall test results show that the values of stability, VMA, and MQ tend to increase, while the values of flow, VIM and VFA tend to decrease with the increase in the percentage of polypropylene (PP) plastic waste content in the asphalt. As for the results of the abrasion value with a simple raveling modification tool, it shows that the higher the percentage of polypropylene (PP) plastic waste in the asphalt, the smaller the VIM and abrasion value. It can be concluded that the addition of polypropylene (PP) plastic waste can improve the performance of the mixture against ravelling resistance seen from the VIM value on the marshall parameter and the abrasion value of the ravelling test.

Keywords: *ravelling, marshall characteristic,vim, polypropylene, AC-WC.*

PENDAHULUAN

Kerusakan *ravelling* atau pelepasan butiran merupakan kerusakan yang terjadi karena struktur perkerasan kehilangan aspal atau pengikat serta tercabutnya partikel-partikel agregat (Hardiyatmo, 2015). Faktor dari kerusakan *ravelling* dapat disebabkan oleh banyaknya rongga dalam lapisan perkerasan yang akan memudahkan masuknya air dan udara sehingga nilai kohesi dan adhesi aspal menjadi berkurang (Arifin dan Wijanarko, 2001). Selain itu, faktor dari kualitas material juga sangat berpengaruh terhadap kerusakan *ravelling* (You, Nanxiang, dan Jinglian 2018). Maka dari itu, pemilihan material dan bahan pengikat menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi besar kecilnya nilai kohesi dan adhesi pada aspal. Untuk meningkatkan kualitas material aspal, telah dilakukan peneliti menggunakan bahan tambah limbah plastik jenis *polypropylene* (PP) pada *campuran berasphalt concrete wearing course (AC-WC)*. Salah satu alasan dipilihnya limbah plastik jenis ini dikarenakan sifat dari bahan *polypropylene* (PP) yang mampu memperbaiki daya ikat.

Penelitian mengenai penggunaan limbah plastik *polypropylene* (PP) terhadap campuran beraspal pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati, 2015) dan (Arif, 2018) tetapi penelitian tersebut sebagian besar hanya menganalisis sebatas pengaruh penambahan limbah *polypropylene* (PP) terhadap karakteristik *Marshall* campuran beraspal saja. Sedangkan penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ketahanan *ravelling* campuran beraspal belum ada sehingga studi lebih lanjut sangat diperlukan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas campuran khususnya ketahanan *ravelling* dan juga diharapkan dapat menjadi solusi dalam penanggulangan limbah plastik di Indonesia.

Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kinerja ketahanan *ravelling* campuran beraspal *AC-WC* akibat penambahan limbah plastik jenis *polypropylene* (PP) yang diindikasikan oleh besarnya nilai VIM pada parameter *marshall*

dan nilai abrasi dari pengujian *ravelling*. Penelitian ini juga akan menghasilkan rancangan alat untuk menguji abrasi pada campuran AC-WC. Alat tersebut selanjutnya disebut dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana.

HIPOTESIS

Hipotesis dari penelitian ini yaitu : Aspal modifikasi *polypropylene* (PP) mampu meningkatkan kinerja campuran beraspal ketahanan *ravelling* ditinjau dari parameter *marshall* dan nilai abrasi.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman dan Laboratorium AMP Adi Mulya Wijaya Purbalingga. Beberapa tahapan dalam penelitian ini meliputi tahap persiapan, pengujian material, perencanaan campuran, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji. Tahap selanjutnya adalah analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

Penyiapan Benda Uji

Tahapan persiapan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka dengan mereview beberapa jurnal untuk dijadikan sumber informasi terkait dengan pengujian *ravelling*. Kemudian dilanjutkan dengan mempersiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), aspal, dan limbah plastik jenis *polypropylene* (PP).

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui kualitas dari material yang akan digunakan. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, dan pengujian aspal.

Untuk tahap campuran dimulai dengan mencari kadar aspal optimum (KAO) menggunakan metoda Marshall. Selanjutnya ke dalam campuran pada KAO diambahkan limbah plastic dengan persentase yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal yang digunakan. Metode pencampuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah

pencampuran secara basah, yaitu plastik *polypropylene* (PP) ditambahkan ke dalam aspal setelah dipanaskan terlebih dahulu. Aspal dan plastik *polypropylene* (PP) ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan proporsi yang telah di tentukan, lalu lelehkan plastik dan aspal dalam wadah yang berbeda. Setelah plastik *polypropylene* (PP) meleleh campurkan ke dalam aspal yang sedang dipanaskan, lalu aduk campuran aspal dan plastik *polypropylene* (PP) sampai campuran aspal dan plastik *polypropylene* (PP) terlihat homogen.

Dalam pembuatan benda uji tahapan yang dilakukan adalah merencanakan campuran aspal dan agregat. Agregat ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan perencanaan gradasi yang telah ditentukan. Setelah dilakukan penimbangan, agregat dipanaskan, lalu jika suhu pencampuran telah tercapai, campurkan aspal yang telah ditambahkan plastik *polypropylene* (PP) sesuai kadar yang telah direncanakan yakni 0%, 2%, 4% dan 6% dari berat aspalnya kedalam agregat sampai berat 1200 gr. Aduk agregat dan aspal sampai homogen. Setelah temperatur pemadatan tercapai, campuran agregat dan aspal dimasukan kedalam cetakan Marshall lalu ditumbuk sebanyak 2x75 tumbukan sebagai representatif untuk lalu lintas tinggi.

Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Marshall dan pengujian *ravelling*. Pengujian *Marshall* mengacu pada SNI 062489-1991. Sedangkan untuk pengujian *ravelling* mengacu pada pengujian wet track abrasion loss ISSA A143-2010. Dari metode ISSA A143-2010 ini selanjutnya dikembangkan alat modifikasi *ravelling* sederhana. Berikut adalah langkah-langkah pengujian *ravelling*:

1. Setelah benda uji dilepaskan dari cetakan, kemudian disimpan dalam suhu ruang minimal selama 24 jam.
2. Sebelum dimasukan kedalam alat uji *ravelling* benda uji direndam terlebih dahulu didalam bak peredam selama 30 menit dengan suhu 60°C. Setelah itu timbang benda uji dalam keadaan SSD.
3. Setelah ditimbang, masukan benda uji kedalam alat uji *raveling* dalam kondisi SSD. Pengujian bisa dilakukan dalam keadaan kering atau basah.

4. Lakukan pengujian *raveling* dengan kecepatan 40 km/jam selama kurang lebih 5 menit.
5. Setelah diuji selama 5 menit, benda uji yang dalam keadaan SSD bisa langsung di timbang, tetapi untuk pengujian dalam keadaan basah benda uji harus didiamkan terlebih dahulu sampai berat benda uji stabil.

Hasil dan analisis data diperoleh dari hasil pengujian *Marshall* dan pengujian abrasi dengan alat uji *ravelling*. Dari hasil pengujian *Marshall* didapatkan nilai KAO dan karakteristik campuran AC-WC dengan bahan tambah PP. Sedangkan dari hasil pengujian dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana didapatkan nilai abrasi untuk masing-masing kadar aspal yang telah ditambahkan limbah plastik *polypropylene* (PP).

Setelah hasil dan analisis data, maka tahap selanjutnya adalah pembahasan dari hasil pengujian yang merupakan diskusi terhadap hasil pengujian material, karakteristik Marshall, dan ketahanan *ravelling*.

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Salah satu jenis campuran beraspal yang sering digunakan adalah beton aspal. Beton aspal atau *hot mix asphalt* merupakan campuran dari agregat dan aspal yang dicampur pada suhu 145-155°C. (Silvia Sukirman, 2003). Beton aspal sendiri memiliki 3 jenis berdasarkan fungsi dan letak lapisannya, yaitu: *asphalt concrete wearing course* (AC-WC), *asphalt concrete binder course* (AC-BC), dan *asphalt concrete base* (AC-base). AC-WC diaplikasikan untuk lapis permukaan perkerasan jalan, sehingga langsung bersentuhan dengan roda kendaraan dan lingkungan disekitar jalan. Oleh karena itu AC-WC selain harus kuat menahan beban dan aus juga harus kedap air serta faktor cuaca akibat panas dan curah hujan.

Ravelling

Ravelling merupakan peristiwa pelepasan butiran pada lapisan permukaan struktur perkerasan jalan. Hal tersebut diakibatkan oleh hilangnya ikatan aspal dan agregat. Beberapa penyebab hilangnya ikatan antar aspal dan agregat adalah :

1. Debu yang menyelimuti agregat sehingga aspal tidak mampu mengikat agregat.
2. Kualitas material yang buruk sehingga ikatan agregat dan aspal mudah terlepas.
3. Lapisan perkerasan memiliki banyak rongga yang akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan, sehingga adhesi dan kohesi aspal menjadi berkurang.



Gambar 1. Kerusakan *raveling* (Hardiyatmo, 2015)

Limbah Plastik *Polypropylene* (PP)

Polypropylene (PP) adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Penggunaan jenis polimer ini dalam kehidupan sehari-hari yang sering ditemukan adalah tempat makanan plastik dengan simbol daur ulang “5” dan merupakan jenis sampah plastik terbanyak pertama di Indonesia. Limbah plastik *polypropylene* mempunyai karakteristik transparan, berwarna putih tetapi tidak jernih, dan mengkilap. Selain itu, salah satu kelebihan dari limbah plastik jenis ini dikarenakan sifat dari bahan *polypropylene* (PP) yang mampu memperbaiki daya ikat.



Gambar 2. limbah plastik *polypropylene* (PP)

Pengujian *Marshall*

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian dengan metode Marshall. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur stabilitas atau daya tahan campuran

agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Parameter penting yang ditentukan dalam mengetahui karakteristik campuran menggunakan pengujian marshall dapat diukur dari sifat-sifat marshall yang ditunjukkan dari nilai kepadatan (*Density*), VIM (*Void In the Mix*), VFA (*Voids Filled with Asphalt*), VMA (*Voids in Mineral Aggregate*), dan MQ (*Marshall Quotient*). Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* atau cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Cetakan untuk benda uji *Marshall* berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm. Prosedur pengujian marshall mengikuti SNI 06-2489-1991. Sedangkan, tahapan perhitungan untuk mencari karakteristik Marshall mengacu pada RSNI M-01-2003.



Gambar 3. Alat pengujian *Marshall*.

Dalam pengujian ini, hubungan antara nilai karakteristik *Marshall* terhadap ketahanan *raveling* dapat dilihat pada presentase rongganya, sehingga kriteria yang digunakan adalah nilai VIM (*Void in the Mix*) nya saja. Jika nilai VIM terlalu tinggi maka keawetan dari suatu lapisan perkerasan akan berkurang, karena semakin besar rongga dalam campuran maka udara dan air akan mudah masuk ke dalam lapisan perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal, sehingga selimut aspal semakin tipis yang berakibat nilai adhesi dan kohesi semakin berkurang. Sementara itu air akan melemahkan ikatan aspal dengan agregat yang dapat menyebabkan pelepasan butiran atau *ravelling* (Arifin, 2001).

Pengujian *ravelling*

Pengujian dalam menentukan nilai abrasi pada suatu lapisan perkerasan dapat

menggunakan alat *Wet Track Abrasion Test* (WTAT). Tetapi di Indonesia alat tersebut sangat sulit ditemukan. Karena itu, biasanya dalam menentukan nilai abrasi peneliti menggunakan metode cantabro seperti yang telah dilakukan oleh oleh Winayati, dkk (2018). Metode Cantabro merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk menentukan ketahanan lapis perkerasan terhadap abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola-bola baja (Winayati, Rahman, dan Saleh, 2018). Tetapi, metode ini dirasa kurang tepat, karena dalam pengujiannya, metode cantabro memutar benda uji sampai 300 kali putaran untuk mendapatkan nilai abrasi, sedangkan dalam penerapannya pengujian tersebut kurang sesuai dengan kondisi di lapangan. Oleh karena itu, Alat modifikasi sederhana dibuat mendekati kondisi dilapangan untuk menentukan nilai abrasi. Dalam penerapannya, alat uji *ravelling* ini memberikan suatu gambaran sejauh mana ketahanan perkerasan aspal menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Pengujian dilakukan dalam keadaan basah dan kering yang menggambarkan kondisi dilapangan ketika suatu perkerasan mengalami suatu kondisi cuaca seperti hujan dan panas. Karena alat uji *ravelling* ini merupakan versi sederhana dari alat *Wet Track Abrasion Test* (WTAT), maka dalam perancangannya beberapa pertimbangan sangat dibutuhkan agar penerapannya dapat mewakili alat sebenarnya dengan kondisi di lapangan (Susanto, et al. 2019). Oleh karena itu, dalam perancangannya, variabel alat perlu dipertimbangkan. Variabel yang digunakan dalam perancangan alat ini diantaranya variabel beban roda, waktu putaran, dan kecepatan mesin pemutarnya. Dari variabel yang telah ditentukan, maka didapatkan spesifikasi umum untuk alat uji ini yaitu :

1. Kecepatan: kecepatan yang digunakan adalah kecepatan yang disesuaikan dengan kecepatan mesin bor yaitu 1400 rpm, jika dikonversikan kecepatan ini setara dengan kecepatan 40 km/jam di lapangan.
2. Beban roda: beban roda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 8 kg, beban ini didapatkan dari beban sumbu standar untuk kendaraan roda ganda yaitu sebesar 8,16 Ton. Sehingga perbandingan

antara di laboratorium dan di lapangan sekitar 1:1000.

3. Waktu putaran : pengujian dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana dilakukan selama 5 menit sesuai dengan tahapan pengujian untuk metode WTAT (*Wet Track Abrasion Test*) yang terdapat dalam Bina Marga (2015) mengenai “Pedoman perancangan dan pelaksanaan lapis permukaan mikro (micro-surfacing)”.



Gambar 4. Alat uji *ravelling*.

Nilai abrasi dari hasil pengujian *ravelling* mengacu pada persamaan *Wet Track Abrasion Test* (WTAT), yaitu sebagai berikut :

$$\text{Nilai keausan} = \frac{A-B}{L} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- A : Berat benda uji semula (gr)
- B : Berat benda uji setelah di uji (gr)
- L : Luas area (Cm²)

HASIL DAN ANALISIS

Hasil pengujian agregat

Hasil dari pengujian material yang terdiri dari pengujian agregat halus, agregat kasar, filler dan plastik *polypropylene* (PP) dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Abrasi dengan mesin	100 Putaran	4
Los Angeles (%)	500 Putaran	16
Berat jenis bulk (gr/cc)		2,7
Berat jenis SSD (gr/cc)		2,72
Berat jenis apparent (gr/cc)		2,78
Penyerapan (%)		1,05
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	100	Min. 95

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,68	>2,5
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,75	>2,5
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,88	>2,5
Penyerapan (%)	2,57	<3
Material lolos ayakan no.200	0,78	Maks. 1

Tabel 3. Hasil pengujian filler

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis	2,13	-
Filler lolos ayakan No.200	94,2	>75%

Tabel 4. Hasil pengujian limbah plastik *Polypropylene* (PP)

Pengujian	Hasil	Syarat
Berat Jenis (gr/cm ³)	0,904	0,895-0,920
Titik Leleh (°C)	160	-

Hasil pengujian aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal penetrasi 60/70. Hasil pengujian untuk masing-masing aspal dengan kadar plastik 0%, 2%, 4%, dan 6% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian aspal dengan penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP)

Pemeriksaan Aspal	Hasil				Syarat	
	0%	2%	4%	6%	Aspal Pen 60/70	Aspal Modifikasi
Penetrasi pada 25° (0,1 mm)	68,7	62,2	61	60,1	60-70	Min.40
Titik Lembek (°C)	58,3	62,8	68	71,3	≥ 48	≥ 54
Daktilitas pada 25°C (cm)	110	106,5	102,5	98	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	258	253	245	241	≥ 232	≥ 230
Berat Jenis	1,016	1,024	1,039	1,060	≥ 1,0	≥ 1,0
Viskositas Kinematis (cSt)	494	1544	1609	1733	≥ 300	≥3000

Dari hasil pengujian viskositas maka didapatkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan untuk masing-masing kadar *polypropylene* (PP). Suhu pencampuran dan pemadatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Suhu pencampuran dan pemadatan

Kadar PP dalam aspal (%)	Suhu Pencampuran (°C)	Suhu Pemadatan (°C)
0	155	145
2	188	176
4	190	178
6	192	180

Hasil pengujian Marshall untuk kadar aspal optimum (KAO)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai Kadar aspal optimum (KAO) yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan sampel dengan kadar campuran yang ditambah limbah plastik *polypropylene* (PP). Sebelum mencari kadar aspal optimum, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai kadar aspal rencana. Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum yang dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Hasil perhitungan Pb didapatkan kadar aspal rencana sebesar 5,5%, sehingga didapatkan rentang kadar aspal yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%. Penentuan KAO berdasarkan campuran standar dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 tanpa penambahan limbah PP (0%). Hasil pengujian Marshall dalam menentukan nilai KAO dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Marshall dalam menentukan nilai KAO pada lapisan AC-WC.

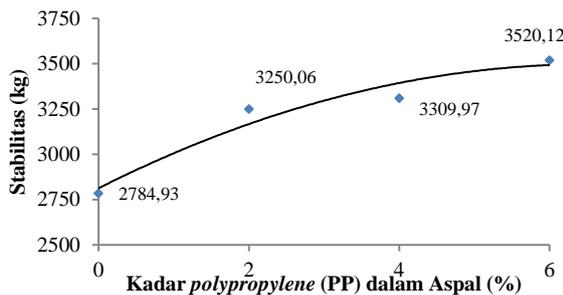
Parameter Marshall	Syarat	Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Stabilitas (Kg)	> 800	2394	2797	2934	2329	2463
Kelelahan (mm)	> 3	3,3	4,2	4,3	4,5	4,5
VIM (%)	3-5	13,4	7,2	5	9,3	7,2
VMA (%)	> 15	20,7	16,3	16,1	21,2	21,2
VFA (%)	> 65	46,3	69,3	77,7	66,6	72,5
MQ (Kg/mm)	> 250	749,9	688,5	676,1	522,2	551,4
Kadar aspal optimum		5,5 %				

Dari tabel pengujian di atas dapat dilihat bahwa nilai Kadar aspal optimum yang didapatkan dalam pengujian ini sebesar 5,5%.

Hasil pengujian Marshall aspal modifikasi dengan penambahan limbah plastik polypropylene (PP)

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan dalam menerima beban sampai terjadinya keelehan. Nilai stabilitas yang didapatkan dalam setiap kadar polypropylene (PP) dalam aspal dapat dilihat pada Gambar 5.

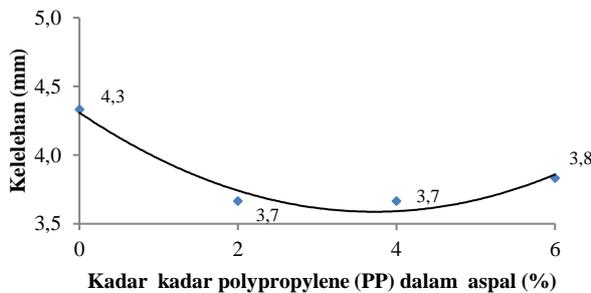


Gambar 5. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan stabilitas.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, persyaratan untuk nilai stabilitas pada campuran laston (AC) minimum 800 kg, sedangkan untuk campuran laston modifikasi minimum 1000 kg, sehingga campuran tersebut memenuhi syarat minimum stabilitas.

2. Kelelahan

Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi terhadap lapisan perkerasan akibat pembebanan yang diterimanya. Nilai ini dapat langsung didapatkan dari pembacaan arloji kelelahan pada saat pengujian Marshall. Nilai kelelahan dapat dilihat pada Gambar 6.

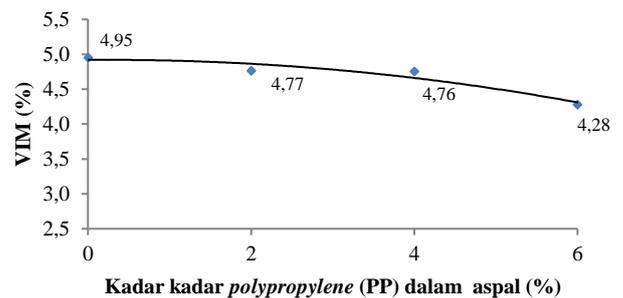


Gambar 6. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan kelelahan/flow.

Nilai kelelahan yang disyaratkan yaitu lebih besar dari 3 mm, sehingga campuran tersebut memenuhi spesifikasi.

3. VIM (Void In the Mix)

Nilai VIM (Void In the Mix) merupakan persentase banyaknya rongga dalam campuran aspal. Nilai VIM mempengaruhi nilai durabilitas, semakin besar nilai VIM maka campuran aspal bersifat keropos dan menyebabkan udara dan air mudah masuk kedalam lapis perkerasan. Nilai VIM dapat dilihat pada Gambar 7.

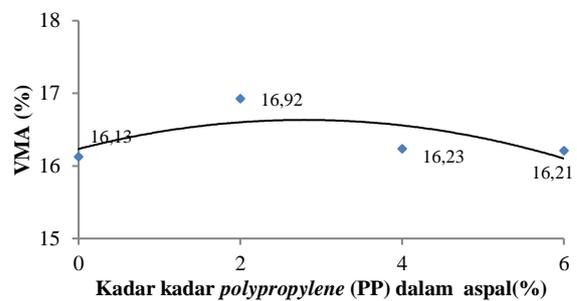


Gambar 7. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan VIM.

Syarat untuk nilai VIM (Void in the Mix) berkisar antara 3-5% sehingga campuran ini memenuhi spesifikasi.

4. VMA (Void in Mineral Aggregate)

Nilai VMA (Void in Mineral aggregate) merupakan volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal yang telah dipadatkan. Nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 8.



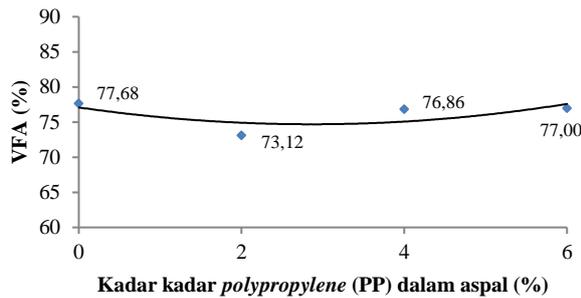
Gambar 8. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan VMA.

Spesifikasi untuk nilai VMA yang disyaratkan minimum 15%, dan dari hasil

pengujian hasilnya memenuhi syarat spesifikasi.

5. VFA (Void Fill With Asphalt)

Nilai VFA (Void Fill With Asphalt) merupakan volume rongga yang terisi oleh aspal. Pada kondisi kering rongga pada campuran akan terisi oleh udara sedangkan pada kondisi basah rongga akan terisi oleh air. Nilai VFA dapat dilihat pada Gambar 9.

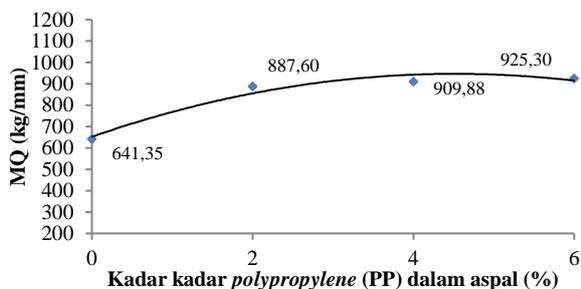


Gambar 9. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan VFA.

Batasan untuk nilai VFA pada spesifikasi yaitu minimum 65%, sehingga semua nilai VFA yang dihasilkan memenuhi spesifikasi.

6. MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ (Marshall Quotient) merupakan rasio dari stabilitas terhadap keelehan. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas suatu campuran. Semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku, sebaliknya jika nilai MQ semakin kecil maka resiko kerusakan yang terjadi adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 10.

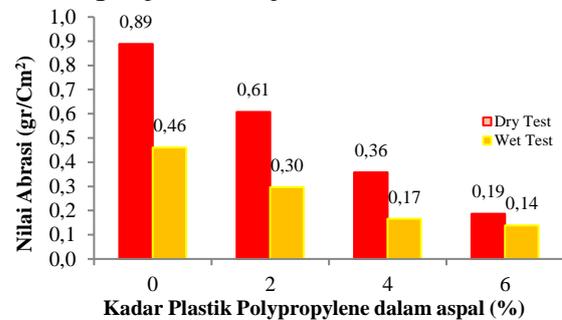


Gambar 10. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal dan MQ.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa semua campuran dengan berbagai variasi penggunaan limbah plastik polypropylene (PP) memenuhi syarat spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm.

Hasil pengujian ravelling

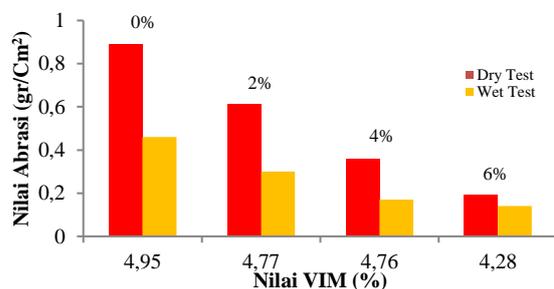
Nilai dari pengujian menggunakan alat uji ravelling memberikan suatu gambaran sejauh mana ketahanan perkerasan aspal menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Dalam pengujian ini, benda uji diuji dalam keadaan basah dan kering, hal ini menggambarkan kondisi dilapangan ketika suatu perkerasan mengalami suatu kondisi cuaca seperti hujan dan panas. Hasil perhitungan dari pengujian alat uji ravelling dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik hubungan kadar polypropylene (PP) dalam aspal terhadap nilai abrasi?

Hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi

Hasil analisis untuk mencari hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi

PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan mengenai pengaruh penambahan limbah plastik polypropylene

(PP) terhadap ketahanan *ravelling*, maka dapat dibahas sebagai berikut ini.

Karakteristik Material

Dari Tabel 1-4 disimpulkan bahwa semua material yang digunakan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga. Berat jenis agregat kasar, halus, dan filler telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Agregat kasar yang digunakan juga memiliki kekuatan yang tinggi berdasarkan hasil uji abrasi. Untuk penyerapan air agregat yang dipakai memiliki kemampuan menyerap air yang kecil, sehingga bagus untuk mendukung ikatan dengan aspal. Hal ini juga terlihat dari nilai kelekatan agregat kasar yang diatas ketentuan minimal Bina Marga. Sementara itu untuk hasil pengujian limbah PP menunjukkan berat jenis dalam rentang spesifikasi yang ditentukan dan titik lelehnya sebesar 160 °C.

Tabel 5 merupakan hasil pengujian karakteristik aspal akibat penambahan kadar limbah PP kedalam aspal. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan kadar limbah PP akan mampu menurunkan nilai penetrasi, daktilitas, dan titik nyala. Disisi yang lain titik lembek, berat jenis dan viskositas kinematis meningkat seiring dengan penambahan kadar limbah PP dalam aspal. Dari perubahan karakteristik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar persentase kadar limbah PP dalam aspal, maka aspal bersifat keras, kaku, tetapi mudah menyala/terbakar. Namun demikian seiring penambahan kadar limbah PP dalam aspal akan mampu mengurangi penggunaan penggunaan aspal itu sendiri. Hal ini terlihat dari naiknya berat jenis.

Karakteristik Marshall

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal berdampak pada kenaikan nilai stabilitas. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmawati (2015). Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada aspal dengan penambahan kadar aspal 6% yaitu sebesar 3520,12 kg. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai penetrasi akan menjadi semakin rendah dan campuran AC-WC akan semakin keras dan kaku. Kenaikan stabilitas

diakibatkan oleh perubahan sifat fisik aspal limbah PP yang semakin keras.

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa pengaruh kadar limbah PP dalam aspal, maka nilai kelelahan turun pada kadar limbah PP 2-4%, dan akan naik setelahnya pada kadar limbah PP 6%. Namun demikian kelelahan pada kadar limbah PP 6% masih di bawah campuran AC-WC tanpa limbah PP (0%). Sehingga dapat disimpulkan nilai kelelahan akan menurun seiring dengan penambahan kadar limbah PP. Dengan meningkatnya sifat kekerasan aspal akibat limbah PP, maka kemampuan perubahan bentuk arah vertikal juga menurun.

Gambar 7 menunjukkan bahwa bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal dapat menurunkan nilai VIM (*Void in the Mix*). Hasil ini sesuai juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2015). Nilai campuran AC-WC tanpa limbah PP (0%) lebih tinggi dibandingkan dengan limbah PP 2-6%. Penurunan nilai VIM diakibatkan oleh sifat *flowable* dari aspal dengan limbah PP yang mampu untuk mengisi rongga dalam campuran AC-WC. Sehingga campuran AC-WC menjadi semakin kedap.

Pada Gambar 8 terlihat bahwa bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai VMA mengalami perubahan dari naik pada kadar limbah PP 2% dan akan menurun pada kadar limbah PP 4-6%. Namun nilainya masih diatas dari VMA tanpa limbah PP (0%). Sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan limbah PP mampu menaikkan nilai VMA. Hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal, maka berat isi campuran semakin bertambah akibat aspal dengan limbah PP yang menyelimuti agregat.

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai VFA semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh karena rongga dalam campuran semakin mengecil akibat terisi oleh aspal.

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal, maka nilai MQ (*Marshall Quotient*) semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar *polypropylene* (PP) dalam aspal, maka

modulus kekakuan campuran AC-WC semakin tinggi.

Ketahanan Ravelling

Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar plastik *polypropylene* (PP) dalam aspal menyebabkan nilai abrasi semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya kadar *limbah* PP, maka daya ikat antar agregat dalam campuran semakin baik sehingga pemisahan antara agregat dengan aspal saat dilakukan pengujian abrasi dengan alat uji *ravelling* semakin kecil. Selain itu, dapat dilihat pada grafik bahwa nilai abrasi hasil dari pengujian dengan cara basah (*wet test*) lebih rendah dibandingkan dengan pengujian dengan cara kering (*dry test*), hal ini disebabkan oleh pengaruh suhu dan waktu pada saat pengujian.

Pada saat pengujian cara kering (*dry test*), benda uji direndam terlebih dahulu pada *waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit, sehingga ketika dilakukan pengujian selama 5 menit campuran aspal masih dalam keadaan panas dan kehilangan berat pada benda lebih banyak dikarenakan sifat campuran yang berubah menjadi rapuh. Sedangkan pada saat pengujian basah (*wet test*), walaupun benda uji direndam terlebih dahulu dengan *waterbath* dengan suhu yang sama, tetapi ketika dilakukan pengujian benda uji direndam dalam air di suhu ruang dan menyebabkan sifat campuran menjadi kaku kembali. Sehingga ketika dilakukan pengujian selama 5 menit, air dan udara belum sepenuhnya masuk kedalam campuran yang menyebabkan sifat campuran belum banyak terpengaruh. Sedangkan dalam penerapan di lapangan, air dan udara mempengaruhi sifat campuran aspal yang menyebabkan terjadinya keropos.

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai VIM maka nilai abrasi juga semakin rendah dan demikian pula sebaliknya jika VIM besar, maka nilai abrasi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya rongga dalam campuran aspal maka air dan udara akan lebih mudah masuk yang berdampak pada melemahnya ikatan aspal dan agregat, sehingga nilai abrasi yang terjadi juga akan semakin besar. (Arifin dan Wijanarko, 2001).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ketahanan *ravelling* dapat diambil kesimpulan Semua kadar aspal dengan penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP) memenuhi spesifikasi pengujian *Marshall*. Berdasarkan hasil pengujian nilai parameter *Marshall* dengan penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP) berpengaruh pada meningkatnya nilai stabilitas, VMA, dan MQ. Sedangkan nilai kelelahan, VIM, dan VFA semakin menurun.

Penambahan limbah plastik *polypropylene* (PP) pada aspal dapat meningkatkan kualitas campuran terhadap ketahanan *ravelling*. Hal ini dapat dilihat pada nilai VIM pada hasil pengujian *Marshall* dan nilai abrasi pada pengujian *ravelling*. Pada pengujian *Marshall*, semakin bertambahnya kadar plastik *polypropylene* (PP) pada aspal maka nilai persentase VIM dalam campuran semakin kecil sehingga air dan udara tidak mudah masuk kedalam lapisan aspal. Sedangkan hasil dari pengujian *ravelling*, baik untuk pengujian basah (*wet test*) maupun pengujian kering (*dry test*), semakin bertambahnya kadar plastik *polypropylene* (PP) dalam aspal maka nilai abrasi semakin kecil.

Saran

Pada saat pencampuran aspal dengan limbah plastik *polypropylene* (PP) pastikan campuran tersebut telah tercampur secara merata, karena sangat berpengaruh pada hasil pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta : UGM Press
- Arifin, Bustanul, & Wijanarko, D. 2001. *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi*

- sebagai Filler terhadap Karakteristik Campuran HRS.
- You, Qinglong, Nanxiang Zheng, & Jinglian Ma. 2018. Study of ravelling failure on dense graded asphalt pavement. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Transport*, vol. 171, no. 3, pp. 146-155.
- Rahmawati, Anita. 2015. Perbandingan Penggunaan Polypropilene (PP) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada campuran Laston_WC. *Media Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang* 15, no. 1 : 11-19.
- Arif, S. 2018 Alternatif penggunaan plastik polypropylene pada campuran aspal : *Jurnal CIVILA*, 3(1), 140-145.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan lentur jalan raya.
- Sukirman, Silvia. 2003. Beton aspal campuran panas.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall SNI 2489-1991. Jakarta : Badan Stadarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall RSNI-M-01-2003. Jakarta:Badan Standardisasi Nasional.
- Bina Marga. 2015. Pedoman perancangan dan pelaksanaan lapis permukaan mikro (*micro-surfacing*) (Jakarta : Kementrian pekerjaan umum dan perumahan rakyat)
- Winayati, Rahmat, A., & Saleh, A., 2018. Analisis penggunaan abu tandan kelapa sawit sebagai filler ditinjau dari nilai keausan perkerasan (Cantabro Test). <https://osf.io/preprints/inarxiv/y7su9/> (Diakses 15 Juli 2021)
- Susanto, H.A., Yang, S.H., Chou, H.H., 2019. Mechanical Properties of Thin Surface Treatment for Pavement Maintenance. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. Volume 14 Issue 2: 136-157. ISSN 1822-427X/eISSN 1882-4288. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2019-14.437>.

**PENGEMBANGAN ATRIBUT PERHITUNGAN NILAI
PERLINDUNGAN JALAN UNTUK RUAS JALAN NASIONAL
INDONESIA DARI PERSPEKTIF PENGENDARA KENDARAAN
BERMOTOR RODA EMPAT ATAU LEBIH
(DEVELOPING ROAD PROTECTOR SCORE ATTRIBUTES FOR
INDONESIA'S NATIONAL ROADS FROM THE PERSPECTIVE OF
FOUR OR MORE-WHEEL MOTORIZED VEHICLE DRIVERS)**

Muhammad Idris¹⁾, Wimpy Santosa²⁾, Anastasia Caroline Sutandi³⁾

^{1),2),3)}Fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Bandung
^{1),2), 3)}Jl. Ciumbuleuit No.94, Hegarmanah, Kec. Cidadap, Kota Bandung
e-mail: ¹⁾idrisloebis@gmail.com, ²⁾wimpy.santosa@gmail.com, ³⁾caroline@unpar.ac.id
Diterima: 26 Agustus 2021, direvisi: 26 November 2021, disetujui: 29 November 2021.

ABSTRAK

Makalah ini menyajikan pengembangan atribut penilaian jalan untuk model perhitungan Nilai Perlindungan Jalan (RPS: Road Protector Scores) yang lebih populer dikenal dengan nama Nilai Peringkat Bintang (SRS: Star Rating Scores) untuk jalan nasional Indonesia dari perspektif pengemudi kendaraan bermotor roda empat atau lebih. Kajian karakteristik kecelakaan lalu lintas dari total 283.518 kecelakaan ditemukan dua jenis kecelakaan baru yang dianggap cocok sebagai parameter perhitungan SRS. Dua tipikal kecelakaan tersebut adalah kecelakaan tabrakan depan-belakang dan kecelakaan tabrakan depan-samping di lokasi berputar arah merupakan 10 besar jenis kecelakaan tertinggi di jalan nasional Indonesia. Dimasukkannya kedua jenis kecelakaan tersebut diduga memberikan perbedaan antara atribut model SRS Jalan Nasional dan SRS yang dikembangkan oleh iRAP. Studi benchmarking dan studi karakteristik kecelakaan menghasilkan 51 atribut, sedangkan model SRS iRAP memiliki 31 atribut. Hasil analisis Kuadran dengan menggunakan metode IPA (Importance and Performance Analysis), akhirnya ditentukan 43 atribut yang terbagi menjadi 6 parameter model SRS Jalan Nasional. Uji tanda (sign test) menggunakan tabel binomial membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah atribut dari kedua atribut penilaian jalan model SRS iRAP dan SRS Jalan Nasional. Perbedaan atribut pada kedua model SRS tersebut ditunjukkan oleh 17 atribut jalan yang berbeda dan sama sekali baru dari model SRS sebelumnya. Hasil ini berimplikasi bahwa atribut RPS dalam model iRAP harus dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan tipe kecelakaan dominan apabila akan diaplikasikan di Indonesia. Model SRS yang akan dikembangkan perlu mengintegrasikan atribut-atribut RPS hasil penelitian ini.

Kata Kunci: nilai perlindungan jalan nilai peringkat bintang; atribut jalan; jalan nasional; importance and performance analysis.

ABSTRACT

This paper presents the development of road assessment attributes for the calculating Road Protector Scores (RPS) or Star Rating Scores (SRS) model for Indonesia's national roads derived from the perspective of four-wheeled or more motorized vehicle drivers. Based on the study of traffic accident characteristics from a total of 283,518 accidents, two new accident types are considered significant as parameters for calculating SRS. These accidents are front-rear collision and front-side collision, and they are the top of highest types of accidents on Indonesia's national roads. The inclusion of the two types of accidents is hypothesized to provide differences between the attributes in the SRS model for Indonesia's national roads and the SRS developed by iRAP. Benchmarking and studies based on accident characteristics of the attributes have resulted 51 items while the SRS iRAP model has 31 items. A quadrant analysis by using Importance and Performance Analysis (IPA) method, have shown that there are 43 attributes that can be divided into six parameters of the National Road SRS model. Sign test using a binomial table that has use in this research also proves that there is a significant difference between the numbers of attributes of the two road assessment attributes of SRS iRAP and SRS National Road models. The difference in attributes in the two SRS models is shown by 17 different and completely new road attributes from the previous SRS models. This result implies that the RPS attributes in the iRAP model must be modified according to the dominant types of accidents if it is to be applied in Indonesia. Therefore, an SRS model developed for Indonesia's national roads needs to integrate these attributes.

Keywords: road protector scores; star rating scores; road attribute; national roads; importance and performance analysis.

Pengembangan Atribut Perhitungan Nilai Perlindungan Jalan Untuk Ruas Jalan Nasional Indonesia Dari Perspektif Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Empat Atau Lebih (Muhammad Idris, Wimpy Santosa, Anastasia Caroline Sutandi)

PENDAHULUAN

Upaya untuk menekan angka kecelakaan lalu lintas dan korban kecelakaan lalu lintas masih terus dilakukan melalui deklarasi Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) sejak tahun 2011, melalui *Decade of Action (DoA) for Road Safety 2011-2020* dengan target penurunan angka fatalitas 50% pada tahun 2020 (WHO, 2011). PBB melalui WHO kembali merilis program *Second of DoA for Road Safety 2021-2030* dengan target yang sama, yaitu tetap menurunkan angka fatalitas sebesar 50% pada tahun 2030. Upaya ini telah disepakati melalui Konferensi Global Tingkat Menteri ke-3 (*3rd Global Ministerial Conference on Road Safety*) tentang Keselamatan Jalan yang diselenggarakan di Stockholm yang merilis 12 sasaran kinerja keselamatan jalan.

Dua dari 12 sasaran kinerja keselamatan jalan global yang dirumuskan dalam Deklarasi Stockholm tersebut merupakan upaya pemenuhan standar teknis keselamatan jalan, sebagaimana dituangkan secara spesifik dalam sasaran ketiga dan keempat Deklarasi Stockholm. Sasaran ketiga dari 12 sasaran kinerja keselamatan global menekankan agar seluruh jalan baru sudah memenuhi standar teknis untuk pengguna jalan yang memperhitungkan keselamatan jalan atau mencapai peringkat Bintang 3 iRAP (*International Road Assessment Program*) dalam skala iRAP (*iRAP star rating*) pada tahun 2030. Sedangkan sasaran keempat, lebih menekankan agar lebih dari 75% pergerakan lalu lintas nasional melalui ruas-ruas jalan eksisting jalan yang sudah memenuhi standar untuk semua pengguna jalan yang memiliki ukuran kinerja keselamatan jalan minimum berperingkat Bintang 3 dalam skala iRAP pada tahun 2030.

Ukuran kinerja keselamatan jalan berbasis peringkat bintang iRAP (*iRAP Star Rating*) didasarkan atas penilaian elemen-elemen jalan (iRAP, 2009; iRAP, 2010.b; iRAP, 2012), pada dasarnya dikembangkan untuk empat perspektif pengguna jalan, yaitu kendaraan bermotor roda empat (*car-occupant*), sepeda motor (*motorcycle*), sepeda (*bicyclist*), dan pejalan kaki (*pedestrian*). Konsep yang diperkenalkan iRAP dikembangkan dari perhitungan nilai perlindungan jalan terhadap pengguna jalan

(iRAP, 2010.b; iRAP, 2012). Untuk menghitung nilai perlindungan jalan ini diperlukan sejumlah atribut jalan sebagai elemen yang diperkirakan berkontribusi terhadap keselamatan pengguna jalan (iRAP, 2010.b; iRAP, 2012). Masing-masing atribut memiliki nilai indikator yang disebut dengan nilai risiko. Nilai risiko atribut diperoleh dari nilai CMF (*Crash Modification Factors*) merupakan hasil penelitian di berbagai Negara (iRAP, 2010.b; iRAP, 2012; Elvik dkk., 2009; AASHTO, 2010; PIARC, 2003).

Konsep RPS sendiri dikembangkan dari pemahaman bahwa jika sebuah jalan yang didesain sedemikian rupa, sehingga kesalahan pengguna jalan ketika melewati ruas jalan tersebut bila mengalami kecelakaan dan tidak menimbulkan luka serius, berarti elemen-elemen ruas jalan tersebut sesungguhnya telah memberikan perlindungan bagi pengguna jalan (Vlakveld dkk., 2011). Sedangkan nilai perlindungan jalan pada dasarnya adalah sebuah metode untuk memperkirakan secara sistematis tingkat perlindungan yang diberikan jalan tersebut kepada pengguna jalan (Vlakveld dkk., 2011). Tingkat perlindungan jalan diturunkan dalam bentuk nilai (*score*) perlindungan jalan (iRAP, 2010.b; EuroRAP, 2011; iRAP, 2012; Vlakvelds dkk., 2011).

Model RPS yang dikembangkan EuroRAP dan AusRAP didasarkan atas sejumlah tipe kecelakaan yang dalam perhitungannya memasukkan sejumlah parameter atau atribut jalan yang dipandang berpengaruh sebagai *likelihood* kecelakaan (iRAP, 2010.b; EuroRAP, 2011; iRAP, 2012). Atribut lainnya yang mampu memberikan pengaruh terhadap tingkat keparahan kecelakaan lalu lintas juga menjadi poin penting dalam formula RPS tersebut. Masing-masing atribut memiliki faktor risiko yang diambil dari model CMF yang dikembangkan oleh para ahli keselamatan jalan.

Secara umum perhitungan RPS dari perspektif kendaraan bermotor roda-4 ditentukan dari perkalian faktor risiko dari masing-masing elemen faktor *likelihood*, *severity*, dan faktor lainnya seperti volume lalu lintas dan kecepatan operasional, khususnya berkaitan dengan potensi kecelakaan lalu lintas yang melibatkan kendaraan bermotor roda-4.

Pada awalnya model RPS berdasarkan hasil riset di berbagai negara maju tersebut hanya memasukkan tiga tipe kecelakaan. Ketiga tipe kecelakaan tersebut merupakan yang paling banyak memberikan kontribusi terhadap korban fatal dan luka berat, yaitu kecelakaan lalu lintas yang menyebabkan kendaraan ke luar dari badan jalan (*Run-off-the Road*), kecelakaan lalu lintas dengan tabrak depan-depan (*Head-on Collision*), dan kecelakaan lalu lintas di persimpangan. Berdasarkan hasil riset di negara-negara maju tersebut, ketiga tipe kecelakaan ini dipandang lebih diakibatkan oleh menurunnya fungsi elemen jalan yang mencakup geometrik jalan, kondisi jalan dan perlengkapan jalan (iRAP, 2010.b; EuroRAP, 2011; iRAP, 2012).

Di dalam pengembangan model RPS, yang kemudian oleh iRAP didefinisikan sebagai SRS (*Star Rating Scores*) iRAP, memasukkan tipe kecelakaan baru, yaitu kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada akses properti (*Property Access*). Kemudian di dalam model SRS ini, tipe kecelakaan lalu lintas tabrak depan-depan dibuat lebih spesifik, yaitu kecelakaan lalu lintas tabrak depan-depan yang terjadi akibat kehilangan kendali (*Head-on Lost Control*) dan tipe kecelakaan lalu lintas tabrak depan-depan ketika mendahului kendaraan lain (*Head-on Overtaking*) (iRAP, 2010.b; EuroRAP, 2011; iRAP, 2012).

Kajian pengembangan model RPS umumnya dilakukan di negara-negara maju, sehingga model tersebut kemungkinan lebih sesuai untuk negara-negara yang memiliki karakter lalu lintas serta standar teknis jalan yang sesuai dengan negara-negara maju tersebut. Untuk ruas jalan nasional Indonesia, pemanfaatan model ini masih memerlukan penyesuaian terutama dari karakter lalu lintas serta lingkungan jalan, karakteristik kecelakaan dan aspek standar serta spesifikasi teknis yang diterapkan di ruas-ruas jalan nasional. Adanya perbedaan karakteristik lalu lintas dan karakteristik kecelakaan dengan pola dan tipe tertentu yang mendasari pengembangan model SRS di negara-negara tersebut tentu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai perlindungan jalan. Asumsi inilah yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu untuk mengembangkan atribut Model SRS untuk ruas

Jalan Nasional Indonesia khususnya dari perspektif kendaraan bermotor roda-4 atau lebih. Penelitian ini tidak membahas model SRS dari perspektif pengguna jalan lainnya seperti kendaraan sepeda motor, sepeda, dan pejalan kaki.

HIPOTESIS

Penelitian ini akan menguji perbedaan dua model SRS, yaitu model SRS iRAP dan model SRS yang dikembangkan untuk Jalan Nasional Indonesia. Penelitian ini menghipotesiskan bahwa kedua model SRS berbeda, dengan hipotesis H_o dan H_i seperti berikut:

H_o : $p = 0,50$ tidak ada perbedaan atribut dari model SRS iRAP dengan SRS Jalan Nasional

H_i : $p \neq 0,50$ ada perbedaan atribut dari model SRS iRAP dengan SRS Jalan Nasional

METODOLOGI

Data untuk Pengembangan Atribut SRS Jalan Nasional

Data awal pengembangan SRS Jalan Nasional didasarkan dari data karakteristik 283.158 kecelakaan lalu lintas yang terjadi selama lebih dari 7 (tujuh) tahun (tahun 2012-Maret 2019) dari database IRSMS (*Indonesian Road Safety Management System*). Selain data kecelakaan, pengembangan atribut Model SRS Jalan Nasional ini juga mempertimbangkan kondisi jalan terkini dari database IRMS (*Indonesian Road Management System*) di sepanjang 47.000 km lebih jalan nasional.

Hasil pengolahan data kecelakaan lalu lintas dari IRSMS memperlihatkan tipe kecelakaan tabrak depan-belakang di ruas jalan nasional Indonesia mencapai 72.693 (25,64%) kecelakaan sebagai tipe kecelakaan tertinggi. Di samping tipe kecelakaan tabrak depan-belakang, juga mencatat kecelakaan dengan tabrak depan-samping sebanyak 20.713 (8,01%) kecelakaan lalu lintas tabrak depan-samping di lokasi akses properti dan tabrak depan-samping pada saat berputar arah. Kedua tipe kecelakaan ini masuk dalam 10 tipe

kecelakaan tertinggi di ruas-ruas jalan nasional Indonesia.

Mencermati tipe kecelakaan yang mendasari model SRS iRAP dan tipikal kecelakaan lalu lintas di ruas jalan nasional, terdapat dua tipikal kecelakaan yang tidak di perhitungkan di dalam model SRS iRAP. Tipe kecelakaan tersebut adalah kecelakaan tabrak depan-belakang dan tabrakan depan-samping ketika berputar arah (*U-turn*). Tipe kecelakaan tabrak depan-belakang dan tabrakan depan samping ketika berputar arah merupakan kelompok 10 (sepuluh) tipikal kecelakaan tertinggi di ruas-ruas jalan nasional Indonesia. Kajian perbandingan (*benchmarking*) yang dilakukan dengan berbagai model RPS atau SRS baik internasional maupun lokal negara, paper ini merumuskan 6(enam) parameter utama dan dengan total 53 atribut jalan.

Keenam parameter SRS Jalan Nasional meliputi parameter kecelakaan tabrak depan-belakang (23 atribut), kecelakaan tabrak depan-samping saat berputar arah (20 atribut), kecelakaan tabrak-depan-samping di akses property (20 atribut), kecelakaan tunggal keluar dari badan jalan (25 atribut), kecelakaan tabrak depan-depan (22 atribut) dan kecelakaan di persimpangan (20 atribut). Dari total 53 atribut seluruh parameter terbagi ke dalam atribut *likelihood* elemen dan geometrik jalan (12

atribut), *likelihood* kondisi jalan (2 atribut), *likelihood* pengaturan lalu lintas (3 atribut), *likelihood* perlengkapan jalan (5 atribut), *likelihood* fasilitas berputar arah (3 atribut), *likelihood* persimpangan (5 atribut), faktor keparahan (*severity*) (12 atribut), faktor kecepatan (1 atribut), dan faktor eksternal arus lalu lintas (4 atribut).

Sementara itu, model SRS iRAP berdasarkan tabel tersebut secara total memiliki 4 parameter kecelakaan dan total 31 atribut untuk perspektif kendaraan bermotor. Atribut-atribut tersebut terbagi ke dalam 4 parameter utama, yaitu parameter tabrak kecelakaan tunggal keluar dari badan jalan (13 atribut), parameter kecelakaan tabrak depan-depan (12 atribut), parameter kecelakaan akses property (6 atribut), dan parameter kecelakaan di persimpangan (10 atribut) (iRAP, 2004; iRAP, 2009). Untuk atribut kecelakaan tabrak depan-depan merupakan gabungan kecelakaan tabrak depan-depan ketika melakukan penyiapan dan tipe kecekaan tabrak depan-depan karena kehilangan kendali. Dua parameter di SRS Jalan Nasional yaitu parameter tabrak depan belakang dan parameter kecelakaan tabrak depan-samping pada saat berputar arah tidak dimiliki oleh SRS iRAP. Tabel 1 merangkum rancangan atribut untuk SRS Jalan Nasional.

Tabel 1. Rancangan Atribut SRS Jalan Nasional

Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tunggal Keluar dari Badan Jalan	Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Depan	Atribut SRS Parameter Kecelakaan Persimpangan
I Atribut Likelihood	I Atribut Likelihood	I Atribut Likelihood
1 Tipe jalan	1 Tipe jalan	1 <i>Tipe simpang</i> *)*
2 <i>Lebar lajur</i> *)*	2 <i>Lebar lajur</i> *)*	2 Lebar lajur
3 Bahu jalan	3 Bahu jalan	3 Lajur belok kanan
4 Lebar bahu	4 Lebar bahu	4 <i>Jarak pandang</i> *)*
5 Jarak pandang	5 Jarak pandang	5 <i>Grade/kelandaain</i> *)*
6 <i>Kurva (R-tikungan)</i> *)*	6 <i>Kurva (R-tikungan)</i> *)*	6 <i>Kanalisis</i> *)*
7 <i>Kualitas kurva</i> *)*	7 <i>Kualitas kurva</i> *)*	7 Kondisi perkerasan jalan
8 <i>Grade/kelandaian</i> *)*	8 <i>Grade/kelandaian</i> *)*	8 Skid resistance
9 Superelevasi	9 Superelevasi	9 Kondisi permukaan jalan
10 <i>Kondisi perkerasan jalan</i> *)*	10 <i>Kondisi perkerasan jalan</i> *)*	10 APILL
11 <i>Skid resistance</i> *)*	11 <i>Skid resistance</i> *)*	11 Rambu persimpangan
12 Kondisi permukaan jalan	12 Kondisi permukaan jalan	12 Rambu Batas Kecepatan
13 Pagar keselamatan	13 Rambu batas kecepatan	13 <i>Perangkat penurun kecepatan</i> *)*
14 Rambu Batas Kecepatan	14 <i>Delineasi</i> *)*	14 <i>Penerangan jalan</i> *)*
15 <i>Delineasi</i> *)*	15 <i>Rumble strip</i> *)*	II Atribut Keparahan
16 <i>Rumble strip</i> *)*	II Atribut Keparahan	15 <i>Tipe median</i> *)*
II Atribut Keparahan	16 <i>Tipe median</i> *)*	16 <i>Kualitas Simpang</i> *)*
17 Fasilitas lajur darurat	17 <i>Median traversabilitas</i> *)*	III Kecepatan Operasional
18 <i>Objek berbahaya tepi jalan</i> *)*	18 Lebar efektif jalan	17 <i>85%-tile kecepatan</i> *)*
19 <i>Jarak ke objek berbahaya</i> *)*	III Kecepatan Operasional	IV Pengaruh Eks.Arus LL
20 Kondisi pagar keselamatan	19 <i>85%-tile kecepatan</i> *)*	18 <i>Volume LL Simpang (LHR)</i> *)*
21 <i>Median traversabilitas</i> *)*	IV Pengaruh Eks.Arus LL	19 %-Sepeda Motor
III Kecepatan Operasional	20 <i>Volume lalu lintas (LHR)</i> *)*	20 %-Sepeda
22 <i>85%-tile kecepatan</i> *)*	21 %-Sepeda motor	
IV Pengaruh Eks.Arus LL	22 %-Sepeda	
23 <i>Volume lalu lintas (LHR)</i> *)*		
24 %-Sepeda motor		
25 %-Sepeda		

Keterangan: *)* atribut SRS iRAP

Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tabrak Depan Belakang	Atribut SRS Parameter Kecelakaan Depan-Samping Saat Berputar Arah	Atribut SRS Parameter Kecelakaan Depan Samping di Akses Properti
I Atribut Likelihood	I Atribut Likelihood	I Atribut Likelihood
1 Jumlah lajur	1 Jumlah lajur	1 Tipe jalan
2 Lebar lajur	2 Lebar lajur	2 Lebar lajur
3 Bahu jalan	3 Jarak pandang	3 <i>Tipe Median</i> *)*
4 Lebar bahu	4 Grade/kelandaian	4 Jarak pandang
5 Kurva(R-tikungan)	5 Median jalan	5 Grade/Kelandaian
6 Kualitas kurva	6 Kondisi perkerasan jalan	6 <i>Fasilitas Lajur Lambat</i> *)*
7 Kualitas kurva	7 Skid resistance	7 <i>Tipe akses properti</i> *)*
8 Grade/kelandaian	8 Kondisi permukaan jalan	8 Kondisi perkerasan jalan
9 Superelevasi	9 Rambu putar arah	9 Skid resistance
10 Kondisi perkerasan jalan	10 Rambu batas kecepatan	10 Kondisi permukaan jalan
11 Skid resistance	11 Penerangan jalan	11 Tipe area
12 Kondisi permukaan jalan	12 Tipe fasilitas berputar arah	12 Tata Guna Lahan
13 Tata guna lahan	13 Lajur untuk berputar arah	13 Pemanfaatan sisi jalan
14 Pemanfaatan sisi jalan	14 Lebar lajur berputar arah	II Atribut Keparahan
15 Parkir badan jalan	II Atribut Keparahan	14 <i>Intensitas akses</i> *)*
II Atribut Keparahan	15 R-putaran	15 Hambatan samping
16 Lebar efektif jalan	16 Lebar median	16 Parkir badan jalan
17 Tingginya akses property	III Kecepatan Operasional	III Kecepatan Operasional
18 Perbedaan kecepatan	17 <i>85%-tile kecepatan</i>	17 <i>85%-tile kecepatan</i>
III Kecepatan Operasional	IV Pengaruh Eks.Arus LL	IV Pengaruh Eks.Arus LL
19 <i>85%-tile kecepatan</i>	18 <i>Volume lalu lintas (LHR)</i> *)*	18 <i>Volume lalu lintas (LHR)</i> *)*
IV Pengaruh Eks.Arus LL	19 %-Sepeda motor	19 %-Sepeda motor
20 Volume lalu lintas (LHR)	20 %-Sepeda	20 %-Sepeda
21 %-Kendaraan berat/lambat		
22 %-Sepeda motor		
23 %-Sepeda		

Keterangan: *)* atribut SRS iRAP

Sumber: AusRAP,2008; iRAP, 2009; PIARC, 2003; ARRB, 2014

Pengembangan Atribut Perhitungan Nilai Perlindungan Jalan Untuk Ruas Jalan Nasional Indonesia Dari Perspektif Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Empat Atau Lebih (Muhammad Idris, Wimpy Santosa, Anastasia Caroline Sutandi)

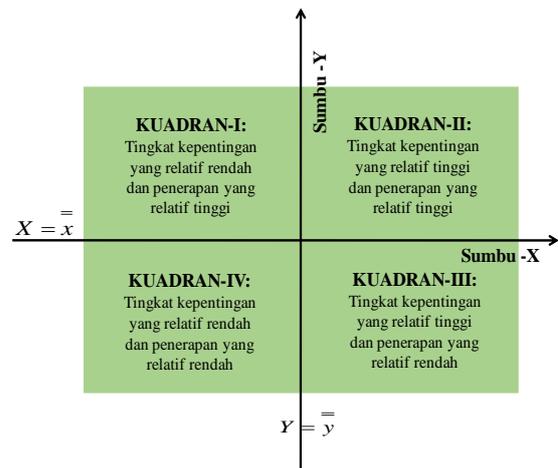
Pendekatan Penelitian

Untuk mengkaji lebih jauh perbedaan kedua model SRS ini, penelitian ini memanfaatkan instrumen kuesioner dalam dua tahap. Kuesioner tahap pertama bertujuan untuk menyeleksi atribut dari setiap parameter yang dihasilkan dari kajian *benchmarking*. Kuesioner tahap pertama fokus terhadap responden ahli (*expert*) memanfaatkan skala nominal dan dengan menggunakan teknik “*snowball sampling*” (Sugiyono, 2007). Kuesioner tahap kedua dengan responden ahli (*expert*) dengan sampel terpilih dilakukan untuk menilai tingkat kepentingan dan penerapan atribut tersebut di dalam menghitung nilai perlindungan jalan. Kuesioner tahap Akedua memanfaatkan skala ordinal menggunakan skala Likert dengan skala 1-5.

Beberapa perangkat analisis statistika berupa uji kecukupan data, uji keseragaman, uji validitas dan uji realibilitas (Walpole dkk., 1995; Ott, 1991; Sprent, 1991; Siegel, 1997) telah digunakan di dalam penelitian ini. Metode analisis terhadap tingkat kepentingan dan penerapan atribut dari masing-masing parameter menggunakan pendekatan metode IPA (*Importance and Performance Analysis*) (Zeithaml dkk., 1990).

Metode IPA ini biasa digunakan di dalam memetakan tingkat kepentingan (*importance*) dan tingkat performansi (*performance*) untuk mencari solusi terbaik di antara parameter atau atribut suatu penelitian (Zeithaml dkk., 1990). Metode IPA memetakan bobot rata-rata atribut ke dalam 4 kuadran. Penelitian ini fokus kepada Analisis tingkat Kepentingan dan Penerapan (AKP), oleh karena itu istilah AKP selanjutnya digunakan untuk menggantikan istilah IPA.

Sumbu-X dari kuadran AKP seperti ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan nilai bobot tingkat kepentingan dan Sumbu-Y adalah bobot tingkat penerapan, Sumbu-X dan Sumbu-Y ini berpotongan pada koordinat (x,y). Absis x adalah nilai rerata dari rata-rata bobot tingkat kepentingan di dalam penerapan atribut model SRS Jalan Nasional. Sedangkan ordinatnya merupakan sumbu Tingkat Penerapan yang ditentukan dari rerata dari nilai rata-rata persepsi responden terhadap tingkat penerapan elemen atau atribut model SRS Jalan Nasional.



Gambar 1. Sistem koordinat AKP

Kuadran-I menunjukkan elemen-elemen jalan atau atribut SRS Jalan Nasional di mana tingkat ketentingan yang relatif tinggi dengan tingkat penerapan yang relatif rendah. Kuadran-I dikategorikan sebagai penilaian prioritas-3. Kuadran-II menunjukkan elemen-elemen jalan atau atribut SRS Jalan Nasional dengan tingkat kepentingan dan tingkat penerapan yang relatif tinggi. Kuadran-II dikategorikan sebagai penilaian prioritas tertinggi. Kuadran-III menunjukkan elemen-elemen jalan atau atribut SRS Jalan Nasional dengan tingkat kepentingan yang relatif rendah dan tingkat penerapan yang relatif tinggi. Kuadran-III dikategorikan sebagai penilaian prioritas-2. Kuadran-IV menunjukkan elemen-elemen jalan atau atribut SRS Jalan Nasional dengan tingkat kepentingan dan tingkat penerapan yang relatif rendah. Kuadran-IV dikategorikan sebagai penilaian prioritas-4, prioritas penilaian paling rendah.

Penelitian ini fokus kepada atribut dengan bobot yang relatif tinggi baik untuk tingkat kepentingan maupun untuk tingkat penerapan. Atribut dengan bobot tersebut berada pada Kuadran-I, Kuadran-III, dan Kuadran-II. Dengan demikian, atribut yang terpetakan ke dalam Kuadran-IV masuk dalam kategori yang tidak diprioritaskan sehingga tidak terpilih sebagai atribut parameter perhitungan SRS Jalan Nasional. Hasil akhir dari analisis kuadran ini akan menghasilkan atribut-atribut terpilih.

Hasil akhir dari analisis kuadran AKP menghasilkan sejumlah atribut atribut terpilih di masing-masing parameter. Untuk membuktikan hipotesis, penelitian ini menggunakan Uji

Tanda (*Sign Test*) dari statistika non-parametrik. Uji tanda digunakan karena variabel-variabel yang diuji dalam bentuk skala nominal yang membandingkan “ketersediaan” dan “ketidaktersediaan” atribut SRS Jalan Nasional dengan atribut SRS iRAP. Hipotesis pengujian untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan n (jumlah sampel) < 25 , dan $p = 0,50$. Kriteria ujinya menerima H_o bila $P_{hitung} \geq 0,05$ atau menolak H_o bila $P_{hitung} < 0,05$ untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

Nilai P_{hitung} ditentukan dari tabel Binomial $b(x;n,p)$ (Siegel, 1997; Walpole dkk., 1995) untuk peluang sampel x tanda (+) atau (-) atau $x = \min(T^-, T^+)$, $n \leq 25$, dan $p = 0,50$. Kesimpulan hipotesis Uji Tanda (*Sign Test*) ini menerima hipotesis H_o yang menyatakan tidak berbeda signifikan antara kedua model SRS bila $P_{hitung} \geq 0,05$ untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Sebaliknya menolak hipotesis H_i yang menyatakan berbeda signifikan di antara kedua model bila $P_{hitung} < 0,05$ untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL ANALISIS

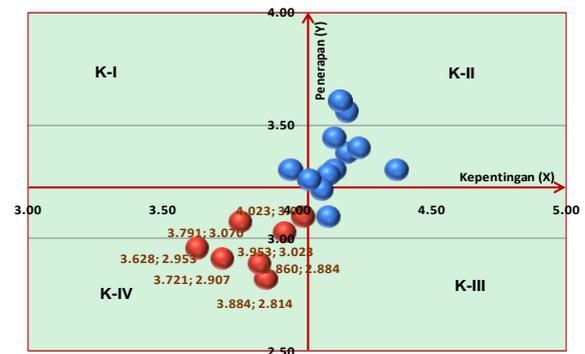
Data kuesioner tahap-1 (93 sampel) dan kuesioner tahap-2 (43 sampel) telah melalui uji kecukupan dan keseragaman data untuk tingkat keyakinan 95%. Demikian juga uji validitas berdasarkan koefisien korelasi Pearson dengan tingkat kesalahan 5% juga terpenuhi. Uji realibilitas telah memenuhi nilai koefisien *Alpha Cronbach* $> 0,60$. Uji validitas pada data kuesioner tahap 1 berhasil mengeleminasi beberapa atribut yang diusulkan dalam rancangan penelitian.

Dengan cara yang sama seperti pada analisis kuesioner tahap-1, hasil uji analisis statistika pada kuesioner tahap-2 memperlihatkan kecukupan data dan keseragaman data yang memenuhi uji statistika dengan tingkat keyakinan yang bervariasi antara 90%-95%. Uji validitas dengan tingkat keyakinan 95% memperlihatkan semua data tingkat kepentingan maupun tingkat penerapan atribut dikategorikan valid. Sedangkan realibilitas untuk menguji realibelnya instrumen memiliki nilai koefisien *Alpha Cronbach* di atas 0,70; yang mengindikasikan instrumen

penelitian memiliki reliabilitas yang bervariasi antara tinggi dan sangat tinggi.

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Belakang

Hasil pengolahan data diperoleh bobot tingkat kepentingan atribut bervariasi antara 3,628 (tinggi) hingga 0,372 (sangat tinggi) dengan rata-rata 4,040. Bobot untuk tingkat penerapan atribut bervariasi antara 2,814 (cukup tinggi) hingga 3,605 (tinggi) dengan rata-rata 3,605. Absis dan ordinat dari kuadran AKP berpotongan pada koordinat (4,040; 3,233). Gambar 2 memperlihatkan Kuadran-IV berada pada sumbu absis lebih kecil daripada $x = 4,040$ dan pada sumbu ordinat lebih kecil daripada $y = 3,233$. Atribut yang berada pada Kuadran-IV, antara lain lebar jalan (4,023; 3,093), tata guna lahan (3,884; 2,814), pemanfaatan sisi jalan (3,721; 2,907), parkir badan jalan (3,791; 3,070), akses properti (3,860; 2,884), jumlah sepeda motor (3,953; 13,023), dan jumlah sepeda (3,628; 2,953).

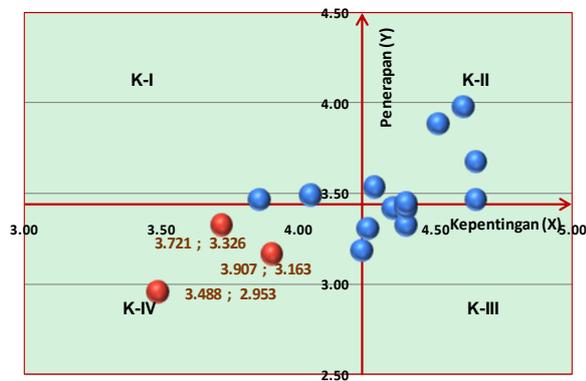


Gambar 2. AKP Atribut SRS Jalan Nasional untuk Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Belakang

Dengan demikian, terdapat 13 atribut yang menjadi bagian dari model SRS Jalan Nasional untuk parameter kecelakaan tabrak depan-samping. Atribut tersebut adalah jumlah lajur, lebar lajur, bahu jalan, kurva (R-tikungan), kualitas kurva, *grade*, superelevasi, kondisi perkerasan jalan, skid resistance, kondisi permukaan jalan untuk faktor *likelihood*. Untuk atribut faktor *severity* berdasarkan AKP adalah lebar efektif jalan dan atribut faktor kecepatan adalah kecepatan operasional (85%-tile kecepatan).

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Tabrak Depan-Samping Saat Berputar Arah

Bobot atribut tingkat kepentingan parameter kecelakaan ini bervariasi antara 3,488 (tinggi) dan 4,651 (sangat tinggi), sedangkan untuk tingkat penerapan bervariasi antara 2,953 (cukup tinggi) dan 3,977 (tinggi). Gambar 3 memperlihatkan kuadran AKP atribut SRS Kecelakaan Tabrak Depan-Samping pada saat berputar arah berpotongan pada koordinat (4,234; 3,439). Kuadran-IV berada pada daerah dengan nilai absis lebih kecil daripada $x = 4,234$ dan nilai ordinat lebih kecil daripada $y = 3,439$. Atribut yang berada pada kuadran tersebut antara lain kondisi perkerasan jalan (3,731; 3,326), jumlah sepeda motor (3,907; 3,163), jumlah sepeda (3,488; 2,953).

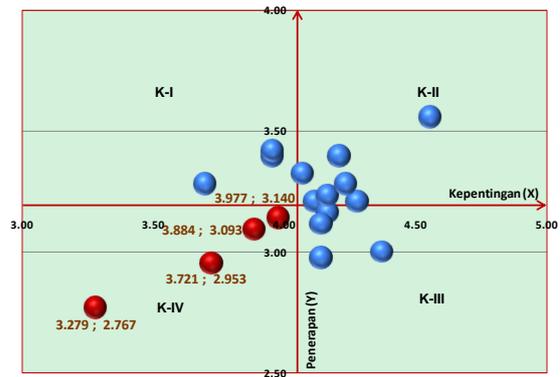


Gambar 3. AKP Atribut SRS Jalan Nasional untuk Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Samping Saat Berputar Arah (U-Turn).

Ketiga atribut yang berada pada Kuadran-IV tersebut tidak menjadi prioritas di dalam berdasarkan analisis AKP. Terdapat 13 atribut yang menjadi bagian dari model SRS Jalan Nasional untuk tipe kecelakaan tabrak depan-samping saat berputar arah. Atribut-atribut tersebut antara lain jarak pandang, grade, median jalan, kondisi perkerasan jalan, *skid resistance*, kondisi permukaan jalan rambu putar arah, rambu batas kecepatan untuk faktor *likelihood*. Untuk atribut faktor *severity* berdasarkan AKP adalah R-putaran dan lebar media, serta atribut kecepatan operasional (85%-tile kecepatan) untuk faktor kecepatan.

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Tabrak Depan-Samping di Akses Properti

Bobot atribut tingkat kepentingan parameter kecelakaan tabrak depan-samping di akses property bervariasi antara 3,279 (tinggi) dan 4,558 (sangat tinggi), sedangkan untuk tingkat penerapan bervariasi antara 2,767 (cukup tinggi) dan 3,558 (tinggi). Atribut yang berada pada Kuadran-IV seperti ditunjukkan pada Gambar-5 antara lain tipe median (3,884;3,093), pemanfaatan sisi jalan (3,997;3,140), jumlah sepeda motor (3,721;2,953), jumlah sepeda (3,279;2,767). Atribut-atribut ini berdasarkan analisis Kuadran masuk dalam kategori relatif tidak penting dan relatif sulit untuk diterapkan.

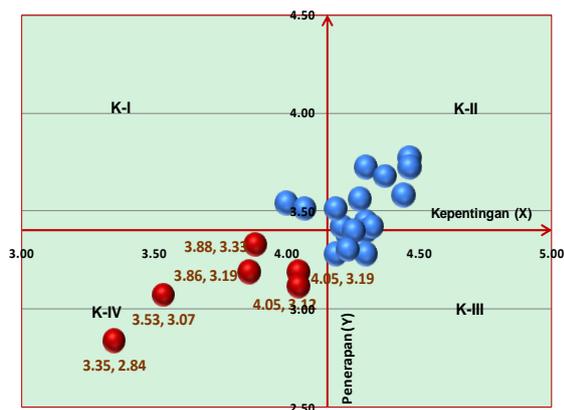


Gambar 4. AKP Atribut SRS Jalan Nasional untuk Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Samping di Akses Properti

Atribut-atribut yang berada di luar Kuadran-IV yang menjadi bagian dari model SRS Jalan Nasional untuk parameter kecelakaan tabrak depan-samping di akses property tercatat sebanyak 14 atribut. Atribut yang menjadi faktor *likelihood* antara lain tipe jalan, lebar lajur, grade, fasilitas lajur lambat (*frontage road*), kondisi perkerasan jalan, skid resistance, kondisi permukaan jalan, tipe area dan tata guna lahan. Atribut faktor *severity* adalah intensitas akses properti, hambatan samping, dan parkir badan jalan. Atribut lainnya adalah kecepatan operasional untuk faktor kecepatan.

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tunggal Keluar dari Badan Jalan

Bobot atribut tingkat kepentingan parameter kecelakaan tunggal keluar dari badan jalan bervariasi antara 3,349 (tinggi) dan 4,465 (sangat tinggi) dengan rata-rata 4,152. Untuk tingkat penerapan bervariasi antara 2,837 (cukup tinggi) dan 3,767 (tinggi) dengan rata-rata 3,400. Atribut yang berada pada Kuadran-IV seperti ditunjukkan pada Gambar 5, antara lain grade/kelandaian jalan (4,047; 3,186), lajur darurat (4,047;3,116), median traversabilitas (3,884;3,326), volume lalu lintas (3,860;3,186), jumlah sepeda motor (3,535;3,070), jumlah sepeda (3,349;2,837).

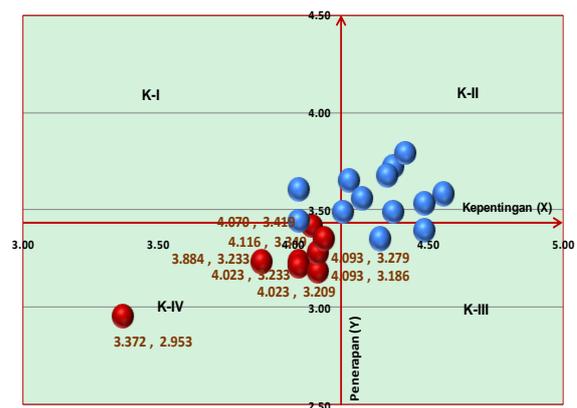


Gambar 5. AKP Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tunggal Keluar dari Badan Jalan

Berdasarkan hasil AKP tercatat 18 atribut yang menjadi atribut SRS Jalan Nasional untuk parameter kecelakaan tunggal keluar dari badan jalan. Di antara 18 atribut tersebut tercatat atribut faktor *likelihood* yaitu, tipe jalan, lebar lajur, bahu jalan, lebar bahu, jarak pandang, kurva (R-tikungan), kualitas kurva, superelevasi, kondisi perkerasan jalan, *skid resistance*, kondisi permukaan jalan, pagar keselamatan, delineasi dan pita pengganggu pada bahu (*shoulder rumble strip*) sebagai atribut faktor *likelihood*. Atribut dari faktor *severity* dari model ini adalah objek berbahaya tepi jalan, dan kondisi pagar keselamatan. Atribut penting lainnya di dalam model ini adalah kecepatan operasional (85%-tile kecepatan) untuk faktor kecepatan.

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Depan

Bobot atribut tingkat kepentingan parameter kecelakaan depan-depan antara 3,372 (tinggi) dan 4,558 (sangat tinggi) dengan rata-rata 4,178. Untuk tingkat penerapan bervariasi antara 2,953 (cukup tinggi) dan 3,791 (tinggi) dengan rata-rata 3,435. Atribut yang berada pada Kuadran-IV antara lain bahu jalan (4,023;3,233), lebar bahu (4,023;3,209), grade/kelandaian jalan (4,093;3,186), superelevasi (4,093;3,279), median traversabilitas (4,116;3,393), jumlah sepeda motor (3,884;3,233), jumlah sepeda (3,372;2,953). Atribut-atribut ini berdasarkan analisis kuadran masuk dalam kategori relatif tidak penting dan relatif sulit untuk diterapkan.



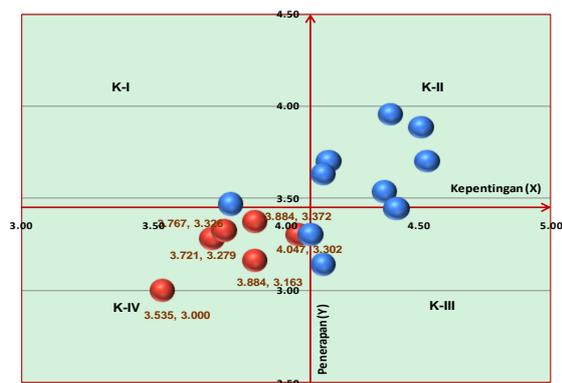
Gambar 6. AKP Atribut SRS Parameter Kecelakaan Tabrak Depan-Depan

Lebih lanjut dari hasil AKP ini terpilih sebanyak 13 atribut yang menjadi bagian dari model SRS Jalan Nasional untuk parameter kecelakaan tabrak depan-depan. Sembilan atribut dari 13 atribut merupakan faktor *likelihood* adalah atribut tipe jalan, lebar lajur, kurva (R-tikungan), kualitas kurva, kondisi perkerasan jalan, kondisi permukaan jalan, rambu batas kecepatan, delineasi, dan pita pengganggu median jalan (*centerline rumble strip*). Atribut faktor *severity* pada model SRS ini adalah tipe median dan lebar efektif jalan. Dua atribut penting lainnya adalah volume lalu lintas sebagai faktor eksternal arus lalu lintas dan kecepatan operasional (85%-tile kecepatan) untuk faktor kecepatan.

Analisis Tingkat Kepentingan dan Penerapan Atribut SRS Parameter Kecelakaan di Persimpangan

Bobot atribut tingkat kepentingan parameter kecelakaan ini bervariasi antara 3,535 (tinggi) dan 4,535 (sangat tinggi) dengan rata-rata 4,087. Bobot untuk tingkat penerapan bervariasi antara 3,000 (tinggi) dan 3,953 (mendekati sangat tinggi) dengan rata-rata 3,449. Sumbu-X dan Sumbu-Y dari sistem koordinat AKP ini berpotongan pada titik koordinat (4,087;3,449). Atribut yang berada pada Kuadran-IV antara lain lebar lajur (4,047;3,302), kondisi perkerasan jalan (3,721;3,279), *skid resistance* (3,767;3,326), tipe median (3,884;3,372), jumlah sepeda motor (3,884;3,163), jumlah sepeda (3,535;3,000).

Hasil AKP ini terpilih sebanyak 10 atribut yang menjadi bagian dari model SRS Jalan Nasional untuk parameter kecelakaan di persimpangan. Dari 10 atribut tersebut terpilih lajur belok kanan, jarak pandang, *grade*, kondisi perkerasan jalan, kanalisasi, APILL, rambu persimpangan, rambu batas kecepatan dan perangkat penurun kecepatan sebagai atribut faktor *likelihood*. Atribut lainnya adalah kecepatan operasional (85%-tile kecepatan) sebagai atribut faktor kecepatan.



Gambar 7 AKP Atribut SRS Parameter Kecelakaan di Persimpangan

PEMBAHASAN

Hasil analisis kuadran AKP terhadap seluruh rancangan atribut perhitungan SRS Jalan Nasional secara total menghasilkan 43 atribut dari masing-masing parameter. Atribut-atribut jalan tersebut ada yang sama untuk beberapa SRS parameter kecelakaan. Jumlah 43 atribut tersebut terbagi ke dalam 6 parameter, yaitu SRS parameter tabrak depan-belakang (13

atribut), SRS parameter kecelakaan tabrak depan-samping saat berputar arah (13 atribut), SRS parameter kecelakaan tabrak depan-samping di akses properti (13 atribut), SRS parameter kecelakaan tunggal (18 atribut), SRS parameter kecelakaan tabrak depan-depan (13 atribut), SRS parameter kecelakaan di persimpangan (10 atribut).

Membandingkan total atribut model SRS iRAP (31 atribut) dengan jumlah atribut model SRS Jalan Nasional (43 atribut) seperti ditunjukkan pada Gambar 8, terdapat 5 atribut model SRS iRAP yang tidak dimiliki oleh model SRS Jalan Nasional. Lima atribut tersebut adalah tipe persimpangan, kualitas persimpangan, lampu penerangan jalan, median traversabilitas, dan volume lalu lintas persimpangan.

Sebaliknya terdapat 17 atribut model SRS Jalan Nasional yang tidak dimiliki oleh model SRS iRAP, yaitu tipe jalan, jumlah lajur, superelevasi, lajur belok kanan, kondisi permukaan jalan, rambu putar arah, rambu batas kecepatan, rambu persimpangan, pagar keselamatan, APILL (Alat Pengendali Instrumen Lalu Lintas), lajur untuk putar arah, tata guna lahan, lebar efektif jalan, hambatan samping, parkir badan jalan, R-putaran, kondisi pagar keselamatan, dan %-kendaraan lambat. Akan tetapi tercatat 26 atribut yang sama-sama dimiliki oleh model SRS iRAP dengan model SRS Jalan Nasional.

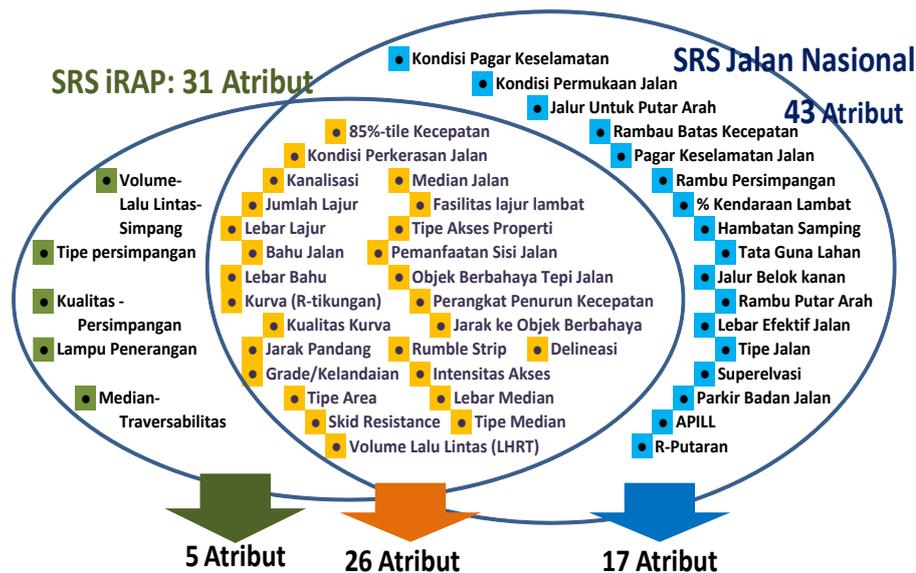
Atribut jalan yang sama-sama dimiliki oleh kedua model tersebut adalah jumlah lajur, lebar lajur, bahu jalan, lebar bahu, kurva (R-tikungan), kualitas kurva, jarak pandang, grade/kelandaian, median jalan, fasilitas lajur lambat, tipe akses properti, kanalisasi, kondisi perkerasan jalan, *skid resistance*, delineasi, pita pengganggu (*rumble strip*), perangkat penurun kecepatan (*traffic calming*), tipe area, pemanfaatan sisi jalan, intensitas akses, tipe median, lebar median, objek berbahaya tepi jalan, jarak ke objek berbahaya tepi jalan, volume lalu lintas, dan kecepatan operasional.

Untuk menilai perbedaan kedua model SRS dapat dilakukan melalui uji statistika. Uji statistika untuk membuktikan hipotesis menggunakan Uji Tanda. Hasil uji statistika nilai $P_{hitung} = P(X \geq x) = b(x; n, p) = b(5; 22; 0,5)$

berdasarkan tabel Binomial (Siegel 1997; Walpole dkk., 1995) untuk $x(+)=5$, $n=22$ dan $p=0,50$ diperoleh $0,0114$. Nilai $P_{hitung} < 0,05$; memberikan indikasi bahwa hipotesis menolak H_0 dan menerima hipotesis alternatif H_1 . Kesimpulannya adalah atribut-atribut model SRS Jalan Nasional terbukti tidak sama atau berbeda dengan model SRS iRAP dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ ($\alpha = 5\%$).

Atribut yang tidak memenuhi kriteria analisis Kuadran akan tetapi memiliki bobot

iteria yang masuk dalam kategori “sangat penting” dan “penting” dan kategori “mudah” di dalam penerapan. Penelitian ini masih mempertimbangkan beberapa atribut yang masuk dalam kategori “sangat penting” dan “penting” untuk tingkat kepentingan dan minimum kategori “mudah” untuk tingkat penerapan berdasarkan bobot kriteria dari hasil analisis kuadran.



Gambar 8. Atribut SRS Jalan Nasional dengan SRS iRAP

Dengan demikian, atribut yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan model SRS Jalan Nasional adalah sebagai berikut:

- Atribut lebar bahu, parkir di badan jalan, pengaruh arus sepeda motor untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan tabrak depan-belakang;
- Atribut kondisi perkerasan dan %-sepeda motor untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan tabrak depan-samping saat berputar arah;
- Atribut tipe median dan pemanfaatan sisi jalan untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan tabrak depan-samping di akses properti;
- Atribut grade/kelandaian jalan, atribut lajur darurat, atribut median traversabilitas,

- atribut volume lalu lintas (LHRT), atribut %-sepeda untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan tunggal keluar dari badan jalan;
- Atribut median taversabilitas, atribut superelevasi, atribut grade/ kelandaian jalan, atribut *skid resistance*, atribut bahu jalan, atribut lebar bahu, atribut %-sepeda motor, untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan tabrak depan-depan; dan
- Atribut lebar jalan, tipe median, pengaruh arus sepeda motor (%-sepeda motor), kondisi perkerasan jalan, *skid resistance*, untuk SRS Jalan Nasional parameter kecelakaan di persimpangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dengan membandingkan antara atribut model SRS iRAP (31 atribut) dengan jumlah atribut model SRS Jalan Nasional (43 atribut), terdapat 5 atribut model SRS iRAP yang tidak dimiliki oleh model SRS Jalan Nasional. Lima atribut tersebut adalah tipe persimpangan, kualitas persimpangan, lampu penerangan jalan, median traversabilitas, dan volume lalu lintas persimpangan. Terdapat 17 atribut model SRS Jalan Nasional yang tidak dimiliki oleh model SRS iRAP, yaitu tipe jalan, jumlah lajur, superelevasi, lajur belok kanan, kondisi permukaan jalan, rambu putar arah, rambu batas kecepatan, rambu persimpangan, pagar keselamatan, APILL (Alat Pengendali Instrumen Lalu Lintas), lajur untuk putar arah, tata guna lahan, lebar efektif jalan, hambatan samping, parkir badan jalan, R-putaran (*U-Turn*), kondisi pagar keselamatan, dan %-kendaraan lambat.

Tercatat 26 atribut yang sama-sama dimiliki oleh model SRS iRAP dengan model SRS Jalan Nasional. Atribut jalan tersebut adalah jumlah lajur, lebar lajur, bahu jalan, lebar bahu, kurva (R-tikungan), kualitas kurva, jarak pandang, grade/kelandaian, median jalan, fasilitas lajur lambat, tipe akses properti, kanalisasi, kondisi perkerasan jalan, *skid resistance*, delineasi, pita pengganggu (*rumble strip*), perangkat penurun kecepatan (*traffic calming*), tipe area, pemanfaatan sisi jalan, intensitas akses, tipe median, lebar median, objek berbahaya tepi jalan, jarak ke objek berbahaya tepi jalan, volume lalu lintas, dan kecepatan operasional.

Berdasarkan tipikal kecelakaan lalu lintas dari hasil analisis terhadap 283.518 kecelakaan lalu lintas di sepanjang 47.000 km ruas jalan nasional serta analisis statistika terhadap sejumlah atribut penilaian jalan sebagaimana dikembangkan di dalam model SRS Jalan Nasional dirancang berbeda dengan model SRS iRAP. Uji tanda (*sign test*) untuk tingkat signifikansi $\alpha=0,05$ yang diterapkan untuk menguji hipotesis terhadap kedua model berhasil membuktikan secara umum adanya perbedaan yang signifikan antara atribut model SRS Jalan Nasional dengan atribut SRS iRAP.

Saran

Meskipun hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sejumlah atribut memiliki nilai tingkat kepentingan dan tingkat penerapan yang masuk kategori tinggi untuk dapat dipertimbangkan guna memperkaya model SRS Jalan Nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc., selaku Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan; dan Bapak Handyana, ST, M.T., M.Sc, Kasubdit Keselamatan dan Keamanan Jalan dan Jembatan yang telah mendukung penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Sumantri, staf Subdit Keselamatan dan Keamanan Jalan dan Jembatan yang telah banyak membantu penulis dalam pengolahan data kecelakaan lalu lintas sebagai salah satu data utama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (1997), *Highway Safety Design and Operation Guide*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2010), *Highway Safety Manual*, 1th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2011), *A Roadside Design Guide*, 4th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2018), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 7th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001

- Asean Secretariat (ASEC), (2020), *Asean Road Safety Declaration 2020*, Tidak Dipublikasikan, Asean Secretariat, Jakarta
- Australian Road Assessment Program (AusRAP), (2008a), *Comparing Risk Maps and Star Ratings*, AusRAP Technical Working Paper, Australian Automobile Association
- Australian Road Assessment Program (AusRAP), (2008b), *Star Rating for Queensland Country Highways*, Traffic & Safety Department, RACQ
- Austrroads, (1994), *Road Safety Audit, Guideline of Road Safety Audit*, Austrroads, Sydney
- Austrroads, (2010), *Guide to Road Design Part 6: Roadside Design, Safety and Barriers*, Austrroads, Sydney
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), (2011), *Rencana Umum Nasional Keselamatan Jalan*, Bappenas, Jakarta
- Elvik, R., Hoyer, A., Vaa, T., dan Sorensen, M. (2009), *The Handbook of Road Safety Measures*, 2nd Edition, Emerald Group Publishing Limited. ISBN 978-1-84855-250-0.
- Europe Road Assessment Program (EuroRAP), (2009), *Star Rating Road for Safety*, The EuroRAP Methodology, EuroRAP505.05, European Road Assessment Programme, Worting House, Basingstoke, Hampshire
- International Road Assessment Program (iRAP), (2009), *The IRAP Methodology: Star Rating Roads for Safety*, International Road Assessment Programme, London
- International Road Assessment Program (iRAP), (2010a), *Star Rating Inspection Manual*, Setting the standards for the road rating process, International Road Assessment Programme, London
- International Road Assessment Program (iRAP), (2010b), *Review of the iRAP Road Protection Score Model and Star Ratings*, The iRAP Worting House Workshop, Basingstoke, London
- International Road Assessment Program (iRAP), (2012), *Development of Risk Models For The Road Assessment Programme*, International Road Assessment Programme, London
- International Road Assessment Program (iRAP), (2014), *iRAP Methodology Fact Sheet 6#*, International Road Assessment Programme, London
- Martilla, J.A., dan James, J.C. (1977), "Importance-Performance Analysis", *The Journal of Marketing*, Vo. 41, No.1 - January 1977, American Marketing Association, <http://www.jstor.org> (diakses tanggal 9 Juli 2021)
- Ott, L. (1993), *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, Wadsworth Publishing Company, California
- World Road Association (PIARC), (2003), *Road Safety Manual*, World Road Association, PIARC, Paris
- Siegel, S. (1997), *Statistika Non Parametrik Untuk Ilmu-Ilmu Sosial*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sprent, P. (1991), *Metode Statistika Nonparametrik Terapan*, UI-Press, Jakarta
- Sugiyono. (2007), *Metode Penelitian Pendidikan, Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*, Penerbit Alfabeta, Bandung
- Sugiyono. (2018), *Statistika Non Parametrik Untuk Penelitian*, Penerbit Alfabeta, Bandung
- Walpole, R.,E., dan Myers, R.,H. (1995), *Ilmu Peluang Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi-4; Penerbit ITB, Bandung
- Vlakveld, W.P., dan Louwerse, W.J.R. (2011), "The Relation Between Road Protection Scores (RPS) and the Casualty Rate at Road Sections in the Province of Utrecht", Report Paper: R-2011-7, Institute for Safety Research, SWOV, Netherlands 2594 AW (<http://swov.nl/rappoer/R-2011.7.pdf>, diakses Januari 2020)
- Zeithaml, V.A., Parasuraman, A. dan Berry, L.L. (1990), *Delivering Quality Service: Balancing Customer Perceptions*, The Free Press, A Division of Simon & Schuster Inc, New York, NY 10020 (<https://books.google.co.id/books?id=RWP MYP7-sN8C&lpg=PP1&hl=id&pg=PR10#v=onepage&q&f=false>; diakses 3 Juni 2021)