

# MODEL KECELAKAAN LALULINTAS DI TIKUNGAN KARENA PENGARUH KONSISTENSI ALINYEMEN HORIZONTAL DALAM DESAIN GEOMETRI JALAN RAYA

Agus Sumarsono<sup>1)</sup>, Florentina Pungky Pramesti<sup>2)</sup>, Djoko Sarwono<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup>Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126  
e-mail : [sumarsono@yahoo.co.id](mailto:sumarsono@yahoo.co.id), [pungkypramesti@yahoo.com](mailto:pungkypramesti@yahoo.com), [sarwono60@yahoo.co.id](mailto:sarwono60@yahoo.co.id).

## Abstrak

Beberapa riset di luar negeri menghasilkan model-model yang menunjukkan ketika konsistensi desain geometri diperhatikan maka keselamatan lalu lintas akan meningkat. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi ketidakkonsistenan desain alinyemen horizontal pada daerah *black.spot* di tikungan dan mengembangkan model yang menjelaskan hubungan salah satu aspek konsistensi desain geometri jalan raya yaitu alinyemen horizontal dan kecepatan operasional dengan tingkat kecelakaan lalu lintas. Pembentukan model dimaksudkan lebih sesuai untuk kondisi geometri jalan dan kecepatan operasional kendaraan di Indonesia. Akuisisi data sekunder kecelakaan akan dievaluasi untuk melihat interaksinya dengan kondisi alinyemen horizontal daerah *black.spot*. Data kecelakaan sebagai variabel terikat, volume lalu lintas harian rata-rata; panjang dan radius lengkung sebagai variabel bebas, didapat dari instansi yang berwenang. Sementara itu, karena keterbatasan data sekunder, data panjang dan radius pada beberapa tikungan perlu diukur secara langsung dengan survei geodesi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan ketidakkonsistenan desain geometri khususnya desain alinyemen horizontal segmen jalan yang ditinjau. Model yang dihasilkan menunjukkan bahwa tingkat kecelakaan akan turun jika radius tikungan lebih tinggi daripada rata-rata radius tikungan dari segmen jalan tinjauan.

**Kata kunci:** Keamanan, konsistensi desain geometri, panjang tikungan, sudut tikungan

## Abstract

*Geometric design consistency studies can be used to identify inconsistent section on highway, which can be targeted for improvement. The objectives of this study are to identify inconsistency of design of horizontal alignment and to develop relationship between design consistency of horizontal alignment and road safety. Accidents data, average annual daily traffic, length and curve radii were extracted from the government database. Some of curves in Semarang – Solo km 59 - 86, however, had to be field investigated by on site measuring because the lack of geometric data. The results show that most of the sections in the location studied is classified as inconsistency. It is also shown that accident frequency decreases when the radius of a given section is significantly higher than the average radius.*

**Keywords:** *Geometric design consistency, length of curve, radius of curve, safety*

## 1. PENDAHULUAN

Sesungguhnya persentase terbesar kerugian dan kehilangan nyawa dalam kecelakaan disumbang oleh kecelakaan jalan raya. Kecelakaan lalu lintas jalan raya terjadi karena berbagai faktor. Perilaku pengemudi, kondisi cuaca, kondisi kendaraan, kendaraan lain, kondisi jalan, rambu atau alat pengendali lalu lintas, obyek lain di jalan raya dan perencanaan geometri jalan yang tidak tepat, atau kombinasi dari faktor-faktor di atas.

Hanya sedikit penelitian terhadap kecelakaan akibat perencanaan geometri yang tidak tepat, meskipun hal ini sering terjadi. Bukti kasat mata adalah adanya *black.spot*, lokasi segmen jalan raya dimana sering terjadi kecelakaan. Dengan paradigma *blaming the victims*, lebih mudah bagi pengambil kebijakan dan otoritas jalan raya menjadikan kelalaian manusia (pengemudi, penumpang, pedestrian, dsb) sebagai

penyebab kecelakaan daripada mencari penyebab sebenarnya, yang mungkin salah satunya adalah ketidaktepatan desain geometri jalan.

Kesalahan perencanaan geometri bisa dikoreksi sehingga korban dimasa yang akan datang bisa dikurangi. Untuk itu perlu diketahui parameter perencanaan geometri apa yang paling mempengaruhi peningkatan jumlah kecelakaan. Artinya perlu pembentukan model yang tepat dan sesuai dengan kondisi di Indonesia.

Beberapa penelitian mutakhir [1], [2], [3], [4] dan [5] mendekati masalah ini dengan mengembangkan evaluasi konsistensi perencanaan geometri, dimana parameter perencanaan geometri tersebut dinyatakan dalam ketidakkonsistenan perencanaan geometri.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi ketidakkonsistenan desain alinyemen horizontal pada

daerah *blackspot* di tikungan dan mengembangkan model yang menjelaskan hubungan salah satu aspek konsistensi desain geometri jalan raya yaitu alinyemen horizontal dan kecepatan operasional dengan tingkat kecelakaan lalu lintas. Pembuatan model dimaksudkan lebih sesuai untuk kondisi geometri jalan dan kecepatan operasional kendaraan di Indonesia.

## 2. STUDI PUSTAKA

Perencanaan geometri berusaha melayani kebutuhan pengguna jalan sekaligus menjaga integritas lingkungan sekitar badan jalan. Perencanaan geometri jalan berusaha menghasilkan ukuran dan rute ruas jalan yang memenuhi kriteria desain (keselamatan, kapasitas dan karakteristik lalu lintas, *driver performances*, perlindungan lingkungan dan efisiensi biaya). Perencanaan ini umumnya menghasilkan nilai kurvatur - alinyemen horizontal dan vertikal serta kombinasi keduanya, termasuk ukuran fasilitas drainase, utilitas jalan dan *landscape development*.

Standar-standar perencanaan geometri jalan raya mulai tersedia setelah masa perang dunia kedua untuk merespon kebutuhan yang meningkat di negara-negara maju karena mereka mengalami pertumbuhan produksi kendaraan bermotor dan penggunaan jalan. Standar-standar perancangan ini diadakan untuk memastikan keseragaman dalam pembangunan badan jalan lintas yurisdiksi. Standar-standar ini mulanya didasarkan pada studi empiris, pengalaman dan pertimbangan profesional.

Perencanaan geometri tersebut terutama didasarkan pada batasan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Dua kriteria ini diterapkan dalam perencanaan lengkung horizontal (tikungan) dan lengkung vertikal serta koordinasi keduanya. Dasar perencanaan adalah kelas jalan dan kondisi topografi medan yang mempengaruhi pengambilan keputusan berapa kecepatan kendaraan yang secara aman dapat lewat di jalan tersebut yang disebut kecepatan rencana.

Perkembangan teknologi dan pengalaman yang semakin kaya memungkinkan perancangan geometri jalan raya menjadi suatu prosedur rekayasa dengan pendekatan optimasi, suatu proses *design by objective* jika dibandingkan hanya semata-mata mengikuti standar. Pendekatan ini muncul pada dekade 80-an [4].

Pendekatan ini kemudian diperbarui dan semakin dipertajam dengan menilai secara lebih dalam *design objectives*, salah satunya adalah *design consistency*.

Konsistensi desain (*design consistency*) didefinisikan sebagai kesesuaian antara geometri jalan raya dengan harapan pengemudi [4]. Dalam definisi ini terkandung suatu konsep pemahaman terhadap interaksi antara pengemudi-kendaraan-badan jalan yang mempunyai nilai penting dan berkontribusi secara signifikan terhadap keselamatan di jalan raya. Geometri badan jalan, kondisi lalu lintas dan lingkungan daerah

manfaat jalan, adalah masukan utama dalam proses mengemudi yang menentukan persyaratan beban kerja mengemudi (*workload requirement of the driver*).

### 2.1. Parameter Design Consistency

Ada empat parameter yang digunakan untuk mengukur konsistensi desain jalan, yaitu Indikator alinyemen, kecepatan operasional, stabilitas kendaraan, dan *driver workload* [4].

Salah satu yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu Indikator alinyemen yang dibahas secara lebih detail oleh penelitian sebelumnya, Anderson et al. [2].

### 2.2. Alignment Indices

Ini adalah ukuran kuantitatif yang menjadi karakteristik umum suatu segmen jalan. Ukuran ini tidak digunakan sebagai kriteria untuk mengevaluasi, namun harus disadari bahwa ketidakkonsistenan akan terjadi, jika karakteristik umum alinyemen berubah secara signifikan. Kalau pengurangan kecepatan dan stabilitas kendaraan lebih merupakan gejala dari pada penyebab ketidakkonsistenan, maka desain geometri atau karakteristik geometrik sendirilah atau kombinasi tangen dan lengkunglah yang menjadi penyebab ketidakkonsistenan.

Anderson [2] menyarankan indikator yang digunakan sebagai ukuran ketidakkonsistenan alinyemen horizontal adalah *average radius of a section (AR)*, *the ratio of maximum radius to minimum radius on section of highway (RR)* dan *the ratio of a the radius of a single horizontal element to the average of the entire section (CRR)*.

#### a. Rata-rata jari-jari tikungan

Salah satu indikator konsistensi desain alinyemen horizontal adalah rata-rata radius/jari-jari tikungan. Secara sederhana, rata-rata radius tikungan dinyatakan dengan:

$$AR = \frac{\sum R_i}{n} \quad (1)$$

dengan :

AR = rata-rata radius (m)

R<sub>i</sub> = radius dari i tikungan pada suatu segmen jalan

N = jumlah tikungan pada segmen jalan

#### b. Rasio jari-jari tikungan maksimum terhadap minimum

Rentang radius sepanjang segmen jalan dapat dinyatakan dengan menghitung rasio radius maksimum terhadap radius minimum. Asumsinya adalah bahwa nilai indeks ini dapat menyatakan keseragaman radius tikungan sepanjang segmen jalan yang ditinjau.

Secara sederhana, rasio radius maksimum terhadap minimum tikungan dinyatakan dengan:

$$RR = \frac{R_{maks}}{R_{min}} \quad (2)$$

dengan :

- RR = rasio radius maksimum terhadap radius minimum,
- R<sub>maks</sub> = radius maksimum tikungan pada segmen jalan yg ditinjau,
- R<sub>min</sub> = radius minimum tikungan pada segmen jalan yg ditinjau.

**c. Indeks alinyemen (Rasio jari-jari tikungan terhadap rata-rata jari-jari tikungan)**

Salah satu indikator ketidakkonsistenan adalah adanya perbedaan yang besar antara nilai indeks suatu alinyemen dengan rata-rata nilai indeks yang sama untuk seluruh alinyemen pada suatu segmen jalan. Atau dengan kata lain adalah perbandingan antara radius lengkung horisontal individual dengan radius rata-rata alinyemen pada suatu segmen jalan. Dilambangkan sebagai CRR (*Curve Radius Ratio*) Anderson et all [2], mengemukakan bahwa keselamatan cukup sensitif terhadap nilai indeks alinyemen ini.

Nilai CRR ini dihitung dengan rumus :

$$CRR = \frac{R_i}{\left(\sum_{i=1}^i R_i\right) / n} \quad (3)$$

dengan :

- CRR : *curve radius ratio*,
- R : radius tikungan yg ditinjau,
- (∑R<sub>i</sub>)/n : rata-rata radius tikungan pada segmen jalan yg ditinjau.

**2.3. Model-model Eksisting dan Pembentukan Model Baru di Indonesia**

Sudah banyak penelitian untuk memprediksi kecelakaan berdasarkan kondisi geometri dan volume lalu lintas di luar negeri.

Bauer dan Harwood [6], membentuk model kecelakaan pada *interchange ramp* dan *speed change lanes* (lajur perubahan kecepatan) dengan menggunakan *Poisson Regression* dan *Negative Binomial Regression*. Dalam penelitian ini variabel yang secara signifikan mempengaruhi frekuensi kecelakaan adalah *annual average daily traffic (AADT)* pada *ramp*, *AADT* pada lajur utama *freeway*, tipe area (*rural/urban*), tipe *ramp (off/on)*, konfigurasi *ramp (diamond/loop/outer connection/direct or semi-direct connection)*, panjang *ramp*, panjang lajur perubahan kecepatan. Sedangkan variabel dari parameter desain geometri yang tidak signifikan berpengaruh adalah lebar lajur pada *ramp* dan *speed change lanes*, lebar bahu kanan *speed change lanes* dan lebar bahu kiri *ramp*, *ramp grade (upgrade/downgrade)* dan radius lengkung horisontal pada *ramp*.

Anderson et all [2] meneliti hubungan antara keselamatan dengan konsistensi desain geometri menggunakan *loglinier regression* model. Dua buah model menunjukkan hubungan antara frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas, panjang kurva dan pengurangan kecepatan (ΔV85). Sebuah model lagi terpisah menunjukkan hubungan antara frekuensi kecelakaan dengan panjang lengkung dan *Curve Radius Ratio (CRR)*.

$$y = \exp(-5.932)AADT^{0.8265} \times L_{cr}^{0.7727} \exp(-0.3873CRR) \left[R^2 = 0.196\right] \quad (4)$$

Ng and Sayed [4], kemudian melanjutkan penelitian Anderson dengan menambahkan variabel dari parameter konsistensi desain geometri yaitu stabilitas kendaraan (*vehicle stability*) dan beban kerja pengemudi (*driver workload*) dalam hal ini *driver visual demand*. Ng and Sayed, menghasilkan delapan model kecelakaan yang memprediksi kecelakaan sehubungan dengan konsistensi desain geometri. Salah satu model hubungan antara tingkat kecelakaan dengan jari-jari tikungan ditunjukkan dalam Persamaan (5). Model-model yang dihasilkan Ng & Sayed tersebut menunjukkan bahwa ketika konsistensi desain geometri dipertimbangkan maka keselamatan akan meningkat.

$$y = \exp(-3.159)AADT^{0.5906} \times L^{0.8898} \exp(-0.3606CRR) \quad (5)$$

Sawalha, and Tarek [5], meneliti dan menggambarkan bagaimana menangani dua isu statistik dalam pembentukan model yang memprediksi kecelakaan menggunakan *Poisson Regression* dan *Negative Binomial Regression*. Isu pertama mendiskusikan variabel apa saja yang dilibatkan dalam pembentukan model sehingga menjadi *best fitted model*. Isu kedua mendiskusikan analisis *outlier*. Studi ini menghasilkan prosedur untuk mengidentifikasi dan mengecualikan *outlier* yang mempengaruhi pengembangan model *poisson* dan negatif *binomial* secara sangat ekstrim.

Meskipun penelitian-penelitian di atas telah *establish* dan komprehensif namun penelitian tersebut didasarkan pada data kecelakaan dan desain geometri di negara maju. Model adalah penyederhanaan realitas, dengan seluruh penyederhanaan yang dilakukan peneliti-peneliti tersebut. Dengan demikian menggunakan model tersebut akan semakin menjauhkan model dengan kondisi di Indonesia.

Sementara itu, penelitian di Indonesia masih terbatas pada analisis penyebab kecelakaan dan strategi/kebijakan bagaimana mengatasinya. Penelitian tentang bagaimana pengaruh desain geometri dilakukan oleh Padmadisastra [6]. Dalam hal ini diteliti tingkat kecelakaan lalu lintas pada segmen jalan dengan alinyemen vertikal tertentu mendekati landai atau melebihi landai maksimum yang disyaratkan Binamarga. Oesman, menganalisis penyebab kecelakaan di jalan tol, lokasi *blackspot*, dan cara

penanganan. Penelitian terbatas pada upaya mengkategorisasi kecelakaan dan melompat ke strategi penanganannya.

Penelitian-penelitian ini dalam banyak hal belum mengupayakan pembentukan model yang komprehensif untuk menggambarkan bagaimana desain geometri jalan raya yang inkonsisten (Dalam hal ini desain alinyemen horizontal-penentuan jari-jari tikungan) memberikan sumbangan pada tingkat kecelakaan. Untuk mengusahakan pembentukan model yang lebih sesuai dengan kondisi di Indonesia, penelitian ini menggunakan pendekatan yang dimulai oleh Ng dan Tarek dengan membatasi diri pada beberapa variabel, dengan menggunakan basis data kondisi geometri Indonesia. Variabel yang hendak diteliti dalam studi ini adalah tingkat kecelakaan sebagai variabel bebas. Sedangkan variabel terikat nya adalah parameter perencanaan geometri jalan khususnya alinyemen horizontal yang meliputi (i) radius putar atau lazim disebut jari-jari tikungan (R), (ii) panjang lengkung (Lc) dan (iii) volume lalulintas (LHR).

Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi ketidakkonsistenan desain alinyemen horisontal pada daerah *blackspot* di tikungan dan selanjutnya merumuskan hubungan tingkat kecelakaan dengan konsistensi desain alinyemen horisontal.

Sehingga pada akhirnya dapat ditunjukkan bahwa geometrik design dalam hal ini penentuan jari-jari tikungan yang tidak konsisten dapat menjadi penyebab tingginya tingkat kecelakaan disamping penyebab-penyebab lain. Dengan membentuk model yang lebih sesuai untuk kondisi geometri jalan dan kecepatan operasional kendaraan di Indonesia maka dapat diperoleh deskripsi yang lebih jelas dalam masalah tersebut. Pada akhirnya model ini dapat dipakai sebagai dasar pengambil kebijakan sehingga secara signifikan jumlah kecelakaan dapat ditekan.

### 3. METODE

#### 3.1. Lokasi Penelitian dan Penyiapan Data

Penelitian dilakukan di segmen jalan Km 59+000 sd 86+000 Jalan Raya Solo-Semarang.

Dipilihnya segmen jalan km 59 – km 86 didasari beberapa alasan, diantaranya:

- Ketersediaan *digital mapping* segmen jalan ini dari Bakosurtanal, bahkan dari dinas PU Jawa Tengah, bisa diperoleh data *as built drawing* jalan dan desain alinyemen horisontal jalan dari km 70 sd 86.
- Merupakan jalan antar kota yg memiliki volume lalulintas tinggi
- Merupakan jalan Primer kelas II
- Ketersediaan data kecelakaan yang bisa diakses dari kepolisian setempat. Hal ini penting, karena ada kesulitan tersendiri dalam mengakses data

kecelakaan beberapa lokasi lain dengan karakteristik serupa.

Pada segmen jalan tersebut terdapat 40 tikungan. Ke-40 tikungan tersebut secara hati hati dipilih dengan kriteria :

- Merupakan lokasi kecelakaan
- Terdiri dari 2 jalur 2 lajur,
- Bukan merupakan simpang
- Berada pada daerah datar atau (kemiringan medan  $g < 3\%$ )

Data kecelakaan diperoleh dari Satlantas-Unit Laka Kabupaten Boyolali. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata dan *as built drawing* jalan km 70 sd km 86 diperoleh dari Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah. Sedangkan *Digital Mapping* didapat dari Bakosurtanal secara *online*. Dari *as built drawing*, bisa dilihat data parameter perencanaan alinyemen horisontal jalan meliputi nilai L, Et, Lc, T dan R dari tikungan no 1 sampai dengan tikungan no 16.

Pengukuran jari-jari tikungan dengan survei geodesi dilakukan pada tikungan yang tidak memiliki data parameter alinyemen horisontal dari *as built drawing*, yaitu pada tikungan no 17 sampai dengan tikungan 40. Dalam survei ini diukur lebar jalan, panjang tikungan, besarnya nilai eksentrisitas lengkung, panjang bagian tangen sebelum dan sesudah tikungan. Dari hasil survei geodesi kemudian dilakukan perhitungan dengan program Microsoft Excell dan penggambaran hasil perhitungan dengan program Auto Cad. Hasil analisis berupa sudut defleksi tikungan, jarak dari PI ke busur lingkaran dan proyeksi gambar tikungan. Selanjutnya dilakukan trial untuk memperoleh panjang jari-jari tikungan (R) dengan komponen Ls, Δ, Et.

#### 3.2. Generalized Linier Regression Modelling

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkirakan besarnya pengaruh panjang jari-jari tikungan terhadap jumlah kejadian kecelakaan. Bentuk matematis dari model Prediksi Kecelakaan harus dapat diterima secara logika, dalam hal ini [a] model tidak memprediksi nilai negatif pada jumlah/tingkat kecelakaan dan [b] harus dipastikan bahwa nilai nol variable bebas yang dipakai dalam hal ini LHR dan L akan menghasilkan nilai nol tingkat kecelakaan [5].

Penggunaan pendekatan *Generalized Linier regression Modelling* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan penggunaan analisis regresi konvensional dalam memprediksi tingkat kecelakaan, karena sifat data kecelakaan yang *rare, discrete and nonnegative events*. [4]. Bentuk umum GLM adalah sebagai berikut:

$$\hat{E}(Y) = a_0 V^{a_1} L^{a_2} \exp \sum b_j X_j \quad (6)$$

dengan :

- $\hat{E}(Y)$  : variabel terikat yang diprediksi
- V : variabel bebas 1
- L : variabel bebas 2
- $X_j$  : variabel tambahan yang diinginkan
- $a_0, a_1, a_2$  dan  $b_j$  : koefisien parameter model

Dalam penelitian ini, bentuk model nya adalah sebagai berikut :

$$\hat{E}(Y) = a_0 LHR^{a_1} L^{a_2} \exp \sum b_j CRR \quad (7)$$

dengan :

- $\hat{E}(Y)$  : tingkat kecelakaan yang diprediksi
- LHR : volume lalu lintas harian rata-rata
- L : panjang lengkung jalan
- CRR : salah satu ukuran konsistensi desain geometri jalan yaitu perbandingan jari-jari tikungan individual terhadap jari-jari tikungan rata-rata
- $a_0, a_1, a_2$  dan  $b_j$  : koefisien parameter model

Pembentukan model akan dibantu dengan program SPSS.

Nilai Pearson  $\chi^2$  dan *Scaled Deviance (SD)* yang akan dihasilkan oleh model kemudian akan dianalisis.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Data Geometri Jalan

Data umum geometri jalan hasil pengukuran di lapangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data umum geometri jalan

| Karakteristik |                        |   |
|---------------|------------------------|---|
| 1             | Nama                   | Jalan Raya Smg-Solo   |
| 2             | Segmen                 | Km 59 – km 86   |
| 3             | Fungsi                 | Arteri primer   |
| 4             | Lebar jalan            | 7.0 m   |
| 5             | Bahu jalan             | 2 – 3 m untuk jalan luar kota. Di jalan dalam kota, bahu jalan berupa trotoar |
| 6             | Jumlah dan lebar lajur | 2 x 3.5 m   |

Sudut defleksi (DA) tikungan dihitung dari rumus berikut:

$$DA = \frac{\text{Panjang Kurva}}{\text{Radius Kurva}} \times \frac{180}{\pi} \quad (8)$$

Tabel 2. Resume data yang digunakan untuk pembentukan model

| Deskripsi data       | Minimum | Maximum | Average   | Standard Deviation |
|----------------------|---------|---------|-----------|--------------------|
| Alinyemen horisontal |         |         |           |                    |
| Panjang kurva (km)   | 0,02    | 0,49    | 0,142     | 0,09819            |
| Radius kurva (m)     | 114     | 36000   | 3333      | 7192,84            |
| Sudut defleksi       | 0,103   | 41,38   | 12,66     | 9,83               |
| LHR                  | 21860,5 | 23826,5 | 23648,725 | 314,664            |
| Jumlah Kecelakaan    | 0       | 11      | 1,75      | 3,41               |

Tabel 3. Resume data yang digunakan Ng & Sayed (2004) untuk pembentukan model

| Deskripsi data       | Minimum       | Maximum | Average | Standard Deviation |
|----------------------|---------------|---------|---------|--------------------|
| Alinyemen horisontal |               |         |         |                    |
| Panjang kurva (km)   | 0,04          | 1,14    | 0,28    | 0,16               |
| Radius kurva (m)     | 175           | 950     | 513     | 201                |
| Sudut defleksi       | Not mentioned |         |         |                    |
| LHR                  | 3311          | 11396   | 5122    | 1883               |
| Jumlah Kecelakaan    | 0             | 9       | 1,4     | 1,76               |

(Sumber: Ng & Sayed, 2004)

Tabel 4. Perbandingan karakteristik Jalan dengan penelitian sebelumnya

| Mean Measurements (meter) | Anderson et al (1999) | Ng and Sayed (2004) | Pramesti, Sarwono & Sumarsono (2009) |
|---------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Panjang kurva (L)         | 238                   | 280                 | 142                                  |
| Radius kurva (R)          | 860.8                 | 513                 | 3333                                 |

(Sumber: Anderson et al, 1999; Ng & Sayed, 2004; Hasil penelitian, 2009).

Pada penelitian ini, nilai R untuk ke-40 tikungan pada segmen jalan Semarang – Solo km 59–86 adalah 3333 meter. Nilai RR untuk segmen jalan Km 59-86 Semarang-Solo adalah 315,8.

Nilai CRR dari 9 tikungan yang akan dianalisis, disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai CRR tikungan

| Tikungan    | Nilai R (meter) | CRR      | Tikungan | Nilai R (meter) | CRR      |
|-------------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|
| 1           | 2.650           | 0,79508  | 21       | 3.237           | 0,971325 |
| 2           | 11.000          | 3,300333 | 22       | 391             | 0,117347 |
| 3           | 1.000           | 0,30003  | 23       | 519             | 0,155714 |
| 4           | 1.000           | 0,30003  | 24       | 428             | 0,128551 |
| 5           | 1.850           | 0,555056 | 25       | 1.019           | 0,305789 |
| 6           | 500             | 0,150015 | 26       | 235             | 0,070647 |
| 7           | 2.000           | 0,600061 | 27       | 201             | 0,060163 |
| 8           | 5.000           | 1,500151 | 28       | 625             | 0,187611 |
| 9           | 20.000          | 6,000606 | 29       | 293             | 0,087864 |
| 10          | 20.000          | 6,000606 | 30       | 806             | 0,241872 |
| 11          | 36.000          | 10,80109 | 31       | 1.150           | 0,345174 |
| 12          | 3.500           | 1,050106 | 32       | 228             | 0,068512 |
| 13          | 350             | 0,105011 | 33       | 362             | 0,108546 |
| 14          | 1.500           | 0,450045 | 34       | 574             | 0,172208 |
| 15          | 950             | 0,285029 | 35       | 336             | 0,100888 |
| 16          | 200             | 0,060006 | 36       | 208             | 0,062381 |
| 17          | 488             | 0,146401 | 37       | 308             | 0,092475 |
| 18          | 308             | 0,092509 | 38       | 13.107          | 3,932497 |
| 19          | 114             | 0,034226 | 39       | 332             | 0,099554 |
| 20          | 296             | 0,08886  | 40       | 252             | 0,075628 |
| Rata-rata R | 3.333           |          |          |                 |          |

#### 4.2. Pembentukan Model

Data LHR, L, CRR dan Tingkat Kecelakaan sembilan tikungan dianalisis untuk membentuk *Generalized Linear Model (GLM)*, dengan rata-rata kecelakaan sebagai variabel terikat (y), dan LHR, L dan CRR sebagai variabel bebas (x1,x2,x3). Pengolahan data ini menggunakan *soft ware* SPSS.13.

Hasil model yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$y = \exp(1,6846) LHR^{0,000} L^{0,13179} e^{\sum -8,274CRR} \tag{9}$$

dengan :

- y : tingkat kecelakaan
- LHR : volume lalulintas harian rata-rata (smp/hari)
- L : panjang kurva (km)
- CRR : *curve radius ratio*

Nilai Pearson  $\chi^2$  adalah 36 dan *Scaled Deviance* adalah 30,498.

Dari Tabel 2, terlihat bahwa rentang data Panjang Kurva tidak terlalu besar, namun data Radius Kurva terpecah cukup lebar dari 114 meter sampai dengan 36000 meter. Data volume lalulintas harian rata-rata juga tidak terpecah, karena sebagian besar segmen jalan yang ditinjau merupakan satu segmen jalan antar kota, sehingga data volume lalulintas harian rata-rata hampir seragam.

Dibandingkan dengan penelitian Anderson [2] dan Ng & Tarek[4], rata-rata panjang kurva hasil penelitian lebih kecil, begitu juga dengan radius kurva tikungan (lihat Tabel 4). Hal ini bisa saja disebabkan karena segmen jalan yang diteliti cukup panjang dan berada pada daerah dengan topografi bervariasi dari datar sampai perbukitan.

Ini kemudian dapat digunakan sebagai indikasi awal, mengapa jumlah kecelakaan di lokasi studi cukup besar. Dari Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat bahwa rata-rata kecelakaan yang diteliti di lokasi studi lebih besar jika dibandingkan dengan data kecelakaan Ng & Sayed [Penelitian Ng & Tarek, dilakukan di Okanagan & Kootenay, suatu daerah di salah satu propinsi di British Colombia Canada]. Di lokasi studi, hanya sembilan lokasi dari 40 yang memiliki data kecelakaan, sembilan lokasi ini ditengarai sebagai *black spot*, dan diusulkan untuk dianalisis. Namun karakteristik konsistensinya tentu saja harus diukur dari desain keseluruhan segmen jalan.

Rata-rata radius 40 tikungan pada segmen jalan yang ditinjau sangat besar yaitu 3333 meter. Artinya sebagian besar tikungan tidak tajam, yang seringkali mendorong pengemudi untuk mengambil kecepatan lebih tinggi. Namun ke 9 tikungan yang dianalisis dalam model kecelakaan, memiliki rata-rata yang jauh lebih kecil, Artinya ke 9 tikungan termasuk dalam tikungan tajam. Ini menunjukkan ketidakkonsistenan dalam hal rata-rata radius tikungan. Ketidakkonsistenan yang pertama telah ditemukan.

Rasio radius maksimum terhadap radius minimum bisa menunjukkan konsistensi desain dalam hal penentuan besaran radius sepanjang segmen jalan. Jika nilai rasio ini mendekati nilai 1, artinya desain radius tikungan makin konsisten, maka diharapkan nilai kecelakaan akan turun [2]. Segmen jalan yg terdiri dari beberapa tikungan yang hampir sama besaran radius tikungannya akan disebut lebih konsisten, meskipun besaran radiusnya kecil atau (tikungan tajam), dibanding dengan segmen jalan yang nilai radius

tikungannya sangat bervariasi (rentangnya lebar). Nilai RRR yang dihasilkan penelitian ini, yaitu sebesar 315,8, menunjukkan variabilitas yang besar dari radius tikungan. Sehingga dapat dikatakan desain geometrinya tidak konsisten.

Kegunaan indeks CRR adalah untuk mengukur karakteristik hubungan antara tikungan secara individu terhadap seluruh tikungan pada segmen jalan yang ditinjau. Asumsinya adalah jika suatu tikungan memiliki radius yang berbeda jauh dari radius rata-rata tikungan di segmen jalan yang ditinjau, maka tikungan tersebut akan menimbulkan ekspektasi pengemudi yang berbeda, yang menimbulkan ketidakkonsistenan geometri, sehingga mengakibatkan meningkatnya kecelakaan. Rasio ini juga menunjukkan tikungan-tikungan mana yang karakteristiknya berbeda dari karakteristik tikungan lain pada segmen jalan yang ditinjau. Pada Tabel 5. Terlihat bahwa nilai CRR tikungan-tikungan yang ditinjau masih jauh dari nilai 1 (banyak yang lebih besar atau lebih kecil dari satu) yang disebabkan karena nilai AR segmen jalan yang diteliti besar. Hal ini menunjukkan bahwa tikungan yang ditinjau tidak konsisten.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa desain geometri tikungan tidak konsisten. Disamping karena secara *history*, jalan berasal dari jalan alam yang diperkeras tanpa perencanaan awal yang memadai, juga karena segmen jalan yang ditinjau cukup panjang meliputi wilayah datar dan perbukitan dengan nilai R yang bervariasi. Semakin bervariasi nilai R, makin besar tantangan pengemudi untuk mengantisipasinya dengan mengambil kecepatan operasional tertentu.

Hubungan antara tingkat kecelakaan dan parameter desain alinyemen horisontal telah dibentuk. Data kecelakaan yang terdistribusi secara Poisson, mendorong pemilihan GLM sebagai solusi pembentukan model terbaik.

Beberapa ukuran statistik bisa digunakan untuk mengukur goodness of fit dari model GLM. McCullagh & Nelder (1989) dalam Sawalha & Sayed [5] menyarankan Pearson  $\chi^2$  dan *Scaled Deviance (SD)*. Hasil pemodelan menunjukkan nilai Pearson  $\chi^2$  dan *Scaled Deviance (SD)* pemodelan lebih kecil dari  $\chi^2$  test ( $\chi^2$  test = 61,613).

Dari analisis statistik, terlihat bahwa nilai signifikansi parameter CRR dan Lc lebih kecil dari  $\alpha 0,05$  maka variable-variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap y (kecelakaan). Sementara variabel LHR tidak berpengaruh secara signifikan. Kemungkinan ini terjadi karena data volume lalu lintas yang digunakan adalah data sekunder yang menunjukkan volume lalu lintas di segmen/ruas jalan, bukan di lokasi studi (tikungan yang dimaksud).

Model menunjukkan bahwa hubungan antara keselamatan dengan konsistensi desain geometri

tikungan yang diwakili oleh nilai CRR ada pada jalur yang benar. Dapat dilihat bahwa jika Rasio radius kurva individual meningkat (mendekati atau lebih dari 1), maka tingkat kecelakaan akan turun. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat kecelakaan akan turun jika radius tikungan lebih tinggi daripada rata-rata radius tikungan dari segmen jalan tinjauan, dan akan meningkat ketika radius tikungan lebih rendah daripada rata-rata radius tikungan segmen jalan yang ditinjau.

## 5. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, cara penilaian konsistensi desain geometri jalan yang diusulkan Anderson et al [2] dapat dilakukan pada jalan-jalan di Indonesia. Mengingat kesederhanaan cara pengukuran dan ketersediaan data geometri jalan yang dimaksud di Indonesia.

Pengukuran konsistensi terhadap segmen jalan yang ditinjau menunjukkan ketidak konsistenan desain geometri khususnya desain alinyemen horisontal.

Model menunjukkan bahwa hubungan antara keselamatan dengan konsistensi desain geometri tikungan yang diwakili oleh nilai CRR ada pada jalur yang benar. Dapat dilihat bahwa jika Rasio radius kurva individual meningkat (mendekati atau lebih dari 1), maka tingkat kecelakaan akan turun. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat kecelakaan akan turun jika radius tikungan lebih tinggi daripada rata-rata radius tikungan dari segmen jalan tinjauan, dan akan meningkat ketika radius tikungan lebih rendah daripada rata-rata radius tikungan segmen jalan yang ditinjau.

## 6. REKOMENDASI

Konsistensi dalam merencanakan alinyemen horisontal jalan, khususnya dalam hal penentuan radius tikungan, harus mulai diperhatikan. Evaluasi terhadap alinyemen horisontal yang telah ada harus dilakukan, mengingat pengaruhnya pada tingkat kecelakaan. Ini harus dibarengi dengan usaha pihak berwenang untuk menormalisasi alinyemen horisontal yang tidak konsisten.

Ke depan, usaha untuk melihat ketidakkonsisten aspek lain dalam perencanaan jalan juga harus dilakukan, semisal melihat bagaimana pengemudi mengambil kecepatan pada berbagai radius tikungan. Dari sini akan dapat dilihat apakah kecepatan operasional yang diambil pengemudi berbeda jauh (terdeviasi) dari kecepatan rencananya serta bagaimana penentuan radius tikungan dapat mempengaruhi konsistensi parameter lainnya.

Kecelakaan yang disebabkan oleh perilaku pengemudi (*driver behaviour*) diatasi dengan *law enforcement* dan pendidikan kesadaran berlalu lintas. Banyak pandangan menyatakan diperlukan dua sampai tiga generasi untuk melihat hasilnya. Sementara itu perbaikan

desain geometri, dengan kemauan tinggi dari pengelola jalan, dapat dilakukan segera untuk mengurangi kecelakaan secara signifikan.

## 7. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan pada DP2M Direktorat Pendidikan Tinggi atas dibiayainya penelitian ini melalui Program Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2009.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Messer, C. J. 1980. "Methodology for Evaluating Geometric Design Consistency". *Transportation Research Record 757, National Research Council, Washington, D. C.* pp. 145-152.
- [2] Anderson, I. B., Bauer, K. M., Harwood, D. W., and Fitzpatrick, K. 1999. "Relationship to Safety of Geometric Design Consistency Measures for Rural Two-lane Highways". *Transportation Research Record 1658, National Research Council, Washington, D. C.* pp. 43-51.
- [3] Fitzpatrick, K., Anderson, L., Green, P., Krammes, R., and Poggioli, B. 2000. "Evaluation of Design Consistency Methods for Two-lane Rural Highways", executive summary. Report FHWA-RD-99-173. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
- [4] Ng, J.C.W. and Tarek S. 2004. "Effect of Geometric Design Consistency on Road Safety". *Canadian Journal of Civil Engineering*. 31.2; Proquest Science Journals, 218-227.
- [5] Sawalha, Z and Sayed Tarek S. 2006. "Traffic Accident Modelling: Some Statistical Issues". *Canadian Journal of Civil Engineering*. 33.9; Proquest Science Journals, 1115-1124.
- [6] Padmadisastra, S.E., 2005. "Analisis Strategi Penanganan Lokasi Black Spot pada Kelandaian Segmen Jalan ( Studi Kasus Ruas jalan Lembang-Subang KM 21+900 – KM 22+449)". *Thesis*. Transportasi ITB, Bandung