

KAJIAN KARAKTERISTIK LALU-LINTAS DI JALAN TOL SERTA KORELASI DENGAN POLA KECELAKAAN

STUDY OF CHARACTERISTICS TRAFFIC ON TOLL ROAD AND CORRELATION WITH ACCIDENT

Mujib Ridha

Mahasiswa Teknik Transportasi
Universitas Indonesia
Kampus Bari Depok, 16424
[email: mujibridha36@gmail.com](mailto:mujibridha36@gmail.com)

Jachrizal Sumabrata

Dosen Teknik Sipil-Pembimbing I
Universitas Indonesia
Kampus Bari Depok, 16424
[email: jachrizal@gmail.com](mailto:jachrizal@gmail.com)

Martha Leni Siregar

Dosen Teknik Sipil-Pembimbing I
Universitas Indonesia
Kampus Bari Depok, 16424
[email: leni@eng.ui.ac.id](mailto:leni@eng.ui.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan membagi rumusan masalah menjadi 2 bagian yaitu bagaimana karakteristik lalu lintas (arus, kecepatan, dan kepadatan) di jalan Tol Jagorawi arah Bogor dan bagaimana karakteristik lalu lintas di jalan Tol Jagorawi yang menuju Bogor serta korelasi dengan kecelakaan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan rumusan masalah yang ditetapkan yaitu untuk menganalisis karakteristik lalu lintas (volume, kecepatan dan kepadatan) di jalan Tol Jagorawi arah Bogor dan mengkaji kecelakaan lalu-lintas di jalan Tol Jagorawi arah Bogor serta korelasi dengan karakteristik lalu-lintas.

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ialah dengan menggunakan metode regresi linear untuk menentukan hubungan antarvariabel lalu lintas melalui model Greenshields untuk pengolahan data primer dan metode tabulasi silang berdasarkan identifikasi kecelakaan untuk pengolahan data sekunder. Adapun untuk data primer didapatkan dengan melakukan perekaman data di area penelitian yang ditentukan dan data sekunder didapatkan dari data Laporan Kepolisian RI (KA Induk PJR Jagorawi).

Setelah dilakukan pengolahan data maka didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa jumlah atau bobot kecelakaan terbesar berada di KM.6+400-KM.14+600 dengan kondisi jumlah arus kendaraan dan kecepatan tempuh yang tergolong rendah (berada kurang dari nilai median) sedangkan kepadatan yang tinggi (berada lebih dari nilai tengah) menghasilkan jumlah kecelakaan terbesar sehingga dapat disimpulkan bahwa pada segmen ini kecelakaan terbesar terdapat pada kondisi area penelitian yang cukup padat dengan jenis kecelakaan depan-belakang. Pada segmen/penggal jalan di lokasi KM.3+867-KM.4+700 memiliki jumlah dan bobot kecelakaan paling rendah bahwa jumlah arus dan kepadatan tidak mempengaruhi jumlah kecelakaan karena kecepatan maksimum mencapai 34 km/jam ditambah kepadatan paling tinggi di segmen ini menyebabkan pengemudi kehilangan konsentrasi tinggi dengan jenis kecelakaan depan-belakang dan tunggal yang mendominasi. Dari perhitungan uji korelasi didapatkan nilai korelasi (r_{11}) dan nilai determinasi (KD) masing-masing variabel yaitu korelasi angka kecelakaan dan volume sebesar 0,94, angka kecelakaan dan kecepatan sebesar 0,93, angka kecelakaan dan kepadatan 0,93 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan linier diantara ketiga variabel tersebut.

Kata Kunci : karakteristik lalu lintas, jumlah dan bobot kecelakaan, jenis kecelakaan, analisis regresi hubungan dengan model *greenshield*, korelasi kecelakaan dengan karakteristik lalu-lintas.

- lintas pada ruas jalan yang diamati.
- Analisis dilakukan pada bagian ruas dasar jalan tol berdasarkan data empiris yang tersedia pada instansi terkait pada tahun 2012 dan lokasi berada pada segmen yang un-interrupted.
 - Data sekunder yaitu data kecelakaan yang dikumpulkan diperoleh di Kantor Induk PJR Jagorawi.
 - Untuk mendapatkan data primer dilakukan dengan proses rekaman dengan membatasi ruas menjadi segmen sepanjang 100 meter.
 - Semakin kompleksnya permasalahan lalu-lintas akibat kenaikan setiap komposisi kendaraan pada arus campuran.

Karena keterbatasan waktu dan biaya dan tenaga maka penelitian dibatasi dengan:

- Lokasi penelitian pada setiap ruas yang memiliki lokasi kecelakaan.
- Lokasi penelitian berada pada segmen yang *un-interrupted*
- Lokasi pada jalan satu arah (arah Bogor) yang terdiri dari 4 lajur, 3 lajur dan 2 lajur.
- Penelitian dibatasi menjadi 9 ruas karena faktor tidak tersedianya fasilitas pada ruas GT. Gn.Putri (sta 23+800- GT.Cibinong (sta 27+100) dan keterbatasan biaya dan waktu.
- Selanjutnya dari ke 9 ruas tersebut akan dibagi menjadi *basic freeway segment* karena tinjauan area penelitian hanya pada segmen yang *un-interrupted*.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jalan Tol

Menurut Jotin Khisty dan B.Kent Lall (2005), Jalan tol adalah kepanjangan dari *Tax On Location* yaitu jalan bebas hambatan (*Tollway* atau *TollRoad*) namun berbayar jika ingin menggunakan harus membayar terlebih dahulu dengan fasilitas jalan raya yang mempunyai dua lajur atau lebih disetiap arah agar lalu-lintas berlangsung secara eksklusif, dengan pengendalian penuh atas akses dan egress. Dalam tingkatan jalan raya, jalan tol adalah satu-satunya fasilitas yang menyediakan arus bebas hambatan yang sempurna. Jalan tol tersusun atas tiga sub komponen, yaitu ruas jalan tol dasar, area percabangan dan pintu tol.

B. Kecelakaan Lalu Lintas

Kejadian kecelakaan lalu-lintas sangat beragam baik dari proses kejadian maupun faktor penyebab.

Menurut proses kejadiannya, kecelakaan lalu-lintas dapat dikelompokkan sebagai berikut (Tjahjono, Tri, 2002):

- Kecelakaan tunggal yaitu peristiwa kecelakaan yang hanya melibatkan satu kendaraan.
- Kecelakaan ganda yaitu peristiwa kecelakaan yang melibatkan dua kendaraan.
- Kecelakaan beruntun atau karambol yaitu peristiwa kecelakaan yang melibatkan tiga kendaraan atau lebih.

C. Angka Kecelakaan Lalu Lintas

Definisi kecelakaan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak disangka - sangka dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pemakai jalan yang lainnya, mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda. Korban kecelakaan lalu-lintas dapat berupa korban mati, korban luka berat dan korban luka ringan.

Angka kecelakaan (*accident rate*) biasanya digunakan untuk mengukur tingkat kecelakaan pada satu satuan ruas jalan. Banyak indikator angka kecelakaan yang telah diperkenalkan, Pignataro (1973) memberikan persamaan matematis untuk menghitung angka kecelakaan sebagai berikut :

Angka kecelakaan lalu lintas per kilometer adalah jumlah kecelakaan per kilometer dengan rumus :

$$AR = A / L \quad (2.1)$$

Keterangan :

AR = Angka kecelakaan total per kilometer setiap tahun

A = Jumlah total dari kecelakaan yang terjadi setiap tahun

L = Panjang dari bagian jalan yang dikontrol/ ditinjau (km)

D. Variabel Lalu Lintas

Variabel-Variabel Utama

1. Kecepatan (*speed*)

Kecepatan didefinisikan sebagai suatu laju pergerakan, seperti jarak per satuan waktu yang dilambangkan dengan *u*, umumnya dalam kilometer per jam.

$$u = LD / t \quad (2.3)$$

Keterangan :

u = kecepatan (km/jam)

L = panjang ruas jalan raya (km)

t = waktu tempuh (jam)

2. Volume Lalu-Lintas/Arus

Volume atau arus adalah jumlah sebenarnya dari kendaraan yang diamati atau diperkirakan melalui suatu titik selama rentang waktu tertentu. Volume dilambangkan dengan q .

$$q = N/T \quad (2.7)$$

Keterangan :

q = volume (kendaraan/jam)

N = jumlah kendaraan (kendaraan)

t = waktu (jam)

3. Kepadatan (*density*)

Kepadatan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang tertentu dari lajur atau jalan, dilambangkan dengan k , biasanya dinyatakan dengan kendaraan per km (kend/km).

$$k = N/L \quad (2.10)$$

Keterangan :

k = kepadatan (kend/km)

N = jumlah kendaraan (kendaraan)

L = panjang ruas jalan raya (km)

E. Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

Pada kondisi sebenarnya, arus lalu-lintas terdiri dari berbagai jenis kendaraan. Untuk melakukan perhitungan diperlukan adanya sebuah pengaturan penyesuaian yang mengelompokkan berbagai jenis kendaraan tersebut ke dalam beberapa kelompok besar, yaitu:

1. Kendaraan ringan (KR), antara lain sedan, pick-up, mikrolet, dan microbus (bus kecil).
2. Kendaraan berat (KB), antara lain bus sedang (metro mini, kopaja, dsb.), bus besar (PPD, Patas AC, dsb.), truk kecil 2 as, truk besar 3 as, truk tangki, trailer dan truk gandeng.
3. Sepeda motor (SM), antara lain sepeda motor roda dua maupun roda tiga.
4. Kendaraan tidak bermotor, antara lain sepeda dan kendaraan tidak bermotor lainnya.

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda karena dimensi, kecepatan, percepatan maupun kemampuan manuever masing-masing tipe kendaraan berbeda disamping itu juga pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan digunakan satu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu-lintas yang disebut ekuivalensi mobil penumpang atau disingkat emp, sehingga emp didefinisikan sebagai satuan untuk

arus lalu-lintas dimana arus berbagai kendaraan telah diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang).

Besarnya emp kendaraan direkomendasi sesuai (MKJI,1997, chap.5-38) untuk jalan bebas hambatan pada tipe alinyemen datar adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai emp Untuk Jalan Bebas Hambatan 2 Arah, 4 Jalur Terbagi (4/2 D)

Tipe Alinyemen	Total Arus Kend. Jam	Emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥ 2800	1,3	1,5	2,0

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2. Nilai emp Untuk Jalan Bebas Hambatan 2 Arah, 6 Jalur Terbagi (6/2 D)

Tipe Alinyemen	Total Arus Kend. Jam	Emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1900	1,4	1,4	2,0
	3400	1,6	1,7	2,5
	≥ 4150	1,3	1,5	2,0

Sumber: MKJI, 1997

F. Analisa Korelasi

Untuk menunjukkan besarnya keeratan hubungan antara dua variabel acak yang masing-masing memiliki skala pengukuran minimal interval dan berdistribusi bivariat, digunakan koefisien korelasi yang dirumuskan sebagai berikut (Usman, H. dan R. Purnomo Setiady Akbar. 2000. Pengantar Statistika. Jakarta : Bumi Aksara) :

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2}}$$

Keterangan :

- Koefisien korelasi yang dirumuskan seperti itu disebut koefisien korelasi Pearson atau koefisien korelasi product moment.
- Besar r adalah $-1 \leq r_{xy} \leq +1$
- Tanda $+$ menunjukkan pasangan X dan Y dengan arah yang sama, sedangkan tanda $-$ menunjukkan pasangan X dan Y dengan arah yang berlawanan.
- r_{xy} yang besarnya semakin mendekati 1 menunjukkan hubungan X dan Y cenderung

sangat erat. Jika mendekati 0 hubungan X dan Y cenderung kurang kuat.

- $r_{xy} = 0$ menunjukkan tidak terdapat hubungan antara X dan Y.

Indeks Determinasi (R²)

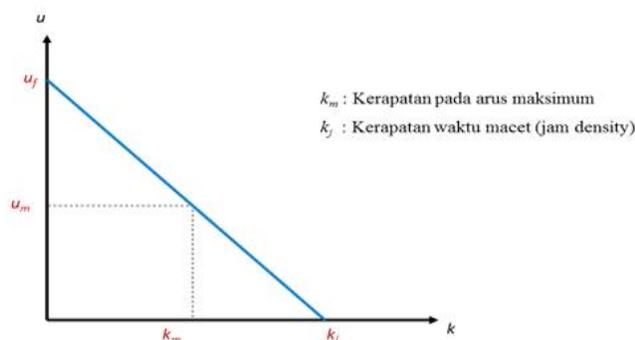
- Dalam analisis regresi, koefisien korelasi yang dihitung tidak diartikan sebagai ukuran keeratan hubungan variabel bebas (X) dan variabel tidak bebas (Y), sebab dalam analisis regresi asumsi normal bivariat tidak terpenuhi.
- Untuk itu, dalam analisis regresi agar koefisien korelasi yang diperoleh dapat diartikan maka dihitung indeks determinasinya, yaitu hasil kuadrat dari koefisien korelasi:
- Indeks determinasi yang diperoleh tersebut digunakan untuk menjelaskan persentase variasi dalam variabel tidak bebas (Y) yang disebabkan oleh bervariasinya variabel bebas (X). Hal ini untuk menunjukkan bahwa variasi dalam variabel tak bebas (Y) tidak semata-mata disebabkan oleh bervariasinya variabel bebas (X), bisa saja variasi dalam variabel tak bebas tersebut juga disebabkan oleh bervariasinya variabel bebas lainnya yang mempengaruhi variabel tak bebas tetapi tidak dimasukkan dalam model persamaan regresinya.

G. Analisis Hubungan Kecepatan, Volume, dan Kepadatan

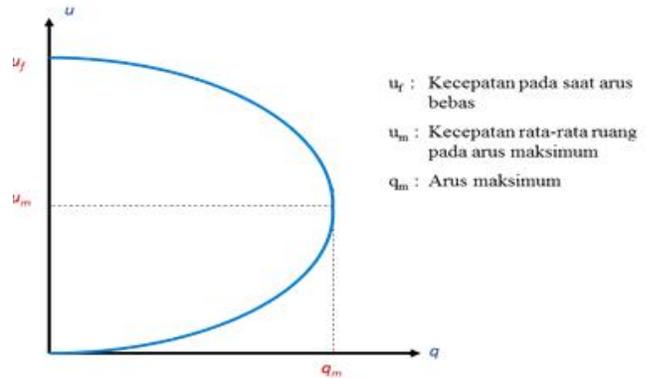
Analisis karakteristik volume lalu-lintas untuk suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan mempelajari hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan yang terjadi pada ruas jalan tersebut. Hubungan matematis antara kecepatan, volume dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan (2.16) berikut ini.

$$q = u k$$

dan bila digambarkan dalam grafik akan didapatkan hasil berikut:

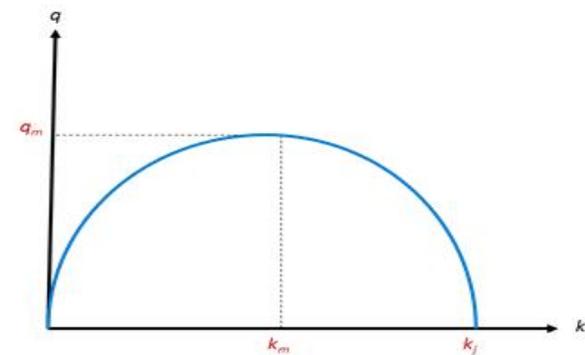


Sumber: Khisty, C.J. dan Lall, B.K., Dasar-dasar Rekayasa Transportasi: Jilid 1, (Jakarta: Erlangga, 2005)



Sumber: Khisty, C.J. dan Lall, B.K., Dasar-dasar Rekayasa Transportasi: Jilid 1, (Jakarta: Erlangga, 2005)

Gambar 1. Kurva Hubungan Kecepatan (u)-volume (q) Model Greenshields.



Sumber: Khisty, C.J. dan Lall, B.K., Dasar-dasar Rekayasa Transportasi: Jilid 1, (Jakarta: Erlangga, 2005)

Gambar 2. Kurva Hubungan volume (q)-Kepadatan (k) Model Greenshields.

METODOLOGI PENELITIAN

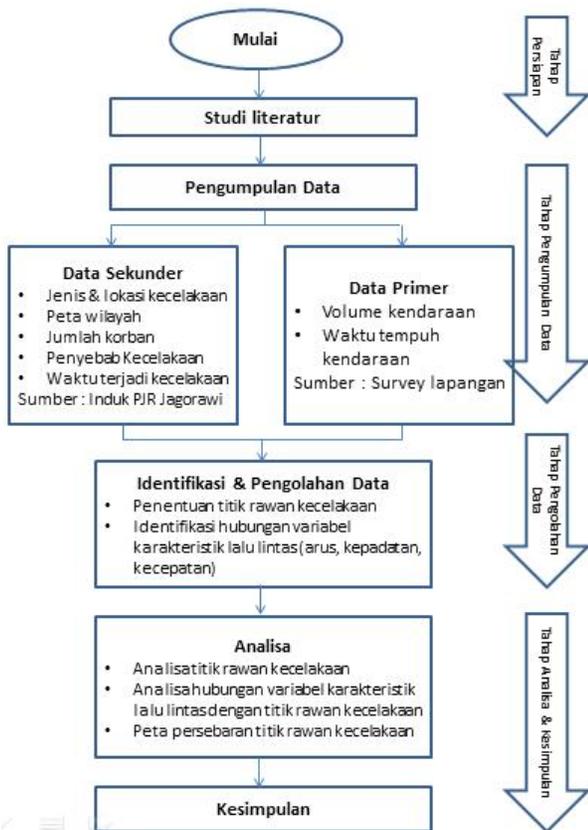
A. Alur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara kronologis sehingga menghasilkan kesimpulan yang akurat. Metodologi penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu : (1) Tahapan persiapan (Studi Literatur dan Penentuan Lokasi Penelitian); (2) Tahapan pengumpulan data; dan (3) Tahapan pengolahan data, dan Tahapan Analisis ditunjukkan dalam gambar 3.

B. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Jalan Tol Jakarta-Bogor Arah Ciawi (A) yang terletak antara DKI Jakarta dan Kota Bogor yang mempunyai 10 ruas jalan antar gerbang arah bogor (ciawi). Lokasi yang dipilih untuk dilakukan penelitian tentang pola sebaran kecelakaan berdasarkan karakteristik lalu-lintas atas dasar pertimbangan jumlah kecelakaan ruas tol diwilayah ini cukup banyak dengan tingkat aktifitas

perjalanan yang cukup tinggi yang memberikan efek padatnya lalu-lintas, tumbuhnya pusat perdagangan, jasa dan industri hingga menjadikan lokasi-lokasi tersebut sebagai unsur penarik.



Gambar 3. Metode Penelitian Yang Digunakan

C. Pengumpulan Data

Setelah menentukan lokasi penelitian, langkah selanjutnya ialah dengan melakukan pengumpulan data baik sekunder ataupun primer yang didapat sebagai berikut :

1. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperlukan untuk melakukan analisa dari data primer yang didapat dari hasil survei lapangan. Pengumpulan data sekunder didapat dari INDUK PJR JAGORAWI yang bertujuan memperoleh informasi-informasi umum seperti jumlah korban (meninggal dunia, luka berat, luka ringan), jenis kecelakaan, waktu dan kondisi lingkungan (hujan, cerah, dll), lokasi kecelakaan. Dari jumlah kecelakaan tersebut juga dapat dilakukan untuk pembobotan kecelakaan yang dapat menjadi acuan dalam penentuan titik rawan kecelakaan.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dan

dikumpulkan secara langsung dari hasil pengamatan dilapangan dengan melakukan observasi langsung pada lokasi studi.

Data primer dalam penelitian ini berupa data volume kendaraan yang melintas di ruas area penelitian serta data waktu tempuh yang diperlukan masing-masing jenis kendaraan untuk melintas di area penelitian. Adapun untuk mendapatkan data primer tersebut dilakukan proses perekaman lalu lintas di ke 9 ruas penelitian kecuali di ruas 6 tidak dilakukan pengambilan data disebabkan karena di area ini tidak ada akses berupa jembatan yang dapat digunakan untuk meletakkan peralatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

Pada penelitian kali ini, lokasi penelitian dibedakan menjadi 10 segmen ruas dengan pembagian sebagai berikut :

- KM (3+867)-KM (4+700)
- KM (4+700)- KM (6+400)
- KM (6+400) -KM (14+600)
- KM (14+600)-KM (19+400)
- KM (19+400) -KM (23+800)
- KM (23+800) -KM (27+100)
- KM (27+100) -KM (32+800)
- KM (32+800)-KM (36+700)
- KM (36+700)-KM (41+000)
- KM (41+000) -KM (47+000)

Namun karena keterbatasan peralatan dan kondisi area penelitian yang ada maka di ruas 6 tidak dapat dilakukan pengambilan data sehingga pada analisa ini ruas 6 tidak diikutsertakan sehingga hanya dilakukan analisis untuk 9 ruas penelitian.

B. Identifikasi Jumlah Terjadinya Kecelakaan

Kecelakaan lalu-lintas yang terjadi sepanjang tahun 2012 tercatat 322 kejadian dengan rata-rata 9 kejadian tiap bulan. Kecelakaan tersebut selain mengakibatkan kerugian material juga menelan korban jiwa. Kecelakaan lalu-lintas yang terjadi sepanjang tahun 2012 ini memperlihatkan trend yang semakin meningkat dari tahun-tahun sebelumnya yaitu tahun 2010 dan 2011. Pada tahun 2010 tercatat 514 kejadian dengan rata-rata 43 kejadian tiap bulannya dan pada tahun 2011 tercatat 611 kejadian dengan rata-rata 51 kejadian tiap bulannya.

Jumlah kecelakaan lalu-lintas tertinggi terjadi pada

ruas jalan antara kilometer 6+400-km.14+600 yaitu sebanyak 77 kejadian dan jumlah kecelakaan lalu-lintas yang terendah terjadi pada ruas jalan antara kilometer 3+867 sampai dengan ruas kilometer 4+700 yaitu 11 kejadian.

Tabel 3. Data Jumlah Kecelakaan Di Tahun 2012 Untuk Arah Bogor

Lokasi Penelitian	Data Jumlah Terjadinya Kecelakaan di tahun 2012
km 3+867 -km. 4+700	11
Km.4+700 - km.6+400	23
Km. 6+400 - km. 14+600	77
Km.14+600 - km.19+400	37
Km.19+400 - km.23+800	35
Km. 27+100 - km.32+800	38
Km. 32+800 - km.36+700	27
Km. 36+700 - km. 41	27
Km. 41 - km. 44+500	21

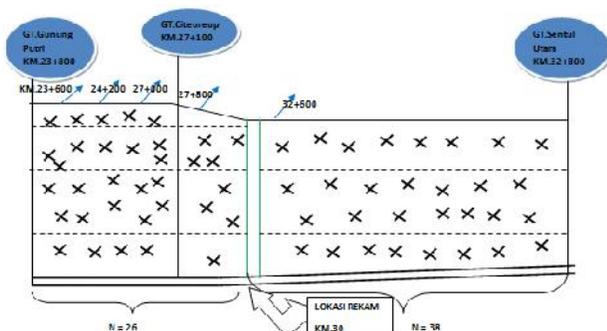
Sumber: Hasil Olahan Data dan Induk PJR Jagorawi

Bila dilakukan penyesuaian terhadap *basic freeway* maka area penelitian yaitu seperti disebutkan di tabel 4.5 maka data Jumlah kecelakaan yang terjadi dapat dikelompokkan dalam tabel berikut (IHCM;2000) :

Tabel 4. Data Jumlah Kecelakaan Di Tahun 2012 Berdasarkan *Basic Freeway* Arah Bogor

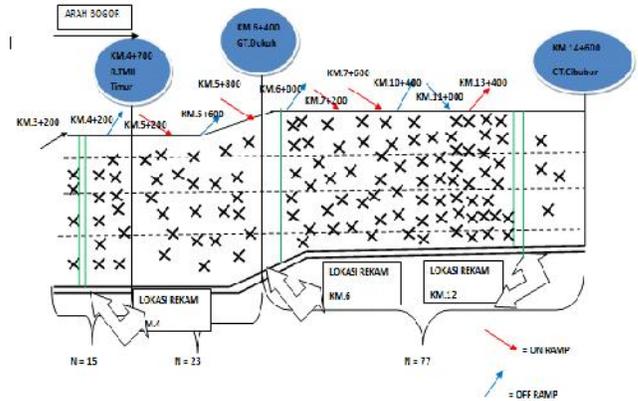
Lokasi KM	Jumlah Kecelakaan (Y)	AR (Accident)	L (KM)	Volume (Q) (X1)	Kecepatan (V) (X2)	Kepadatan (K)	Lokasi Survei
KM.6+250-6+750	4	8,00	0,5	5490,5	68,66	81,55	KM.6
KM.8+050-9+950	20	10,53	1,9	5490,5	68,66	81,55	KM.6
KM.11+450-12+950	10	6,67	1,5	3147	40	93,38	KM.12
KM.15+050-18+750	30	8,11	3,7	5058,4	94,95	63,68	KM.16
KM.19+650-23+150	27	7,71	3,5	3476,7	71,88	62,31	KM.21
KM.28+250-32+150	27	6,92	3,9	2251,2	83,55	27,47	KM.30
KM.36+950-39+550	18	6,92	2,6	2585,8	81,84	32,59	KM.37
KM.41+650-44+050	17	7,08	2,4	1944,2	70,78	33,58	KM.41

Sumber: Hasil Olah Data Primer dan Sekunder

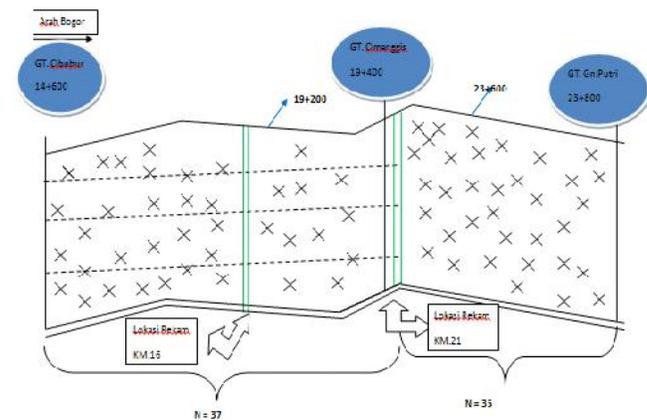


Gambar 5. Peta Persebaran KM.23+800-KM.27+100-KM.32+800

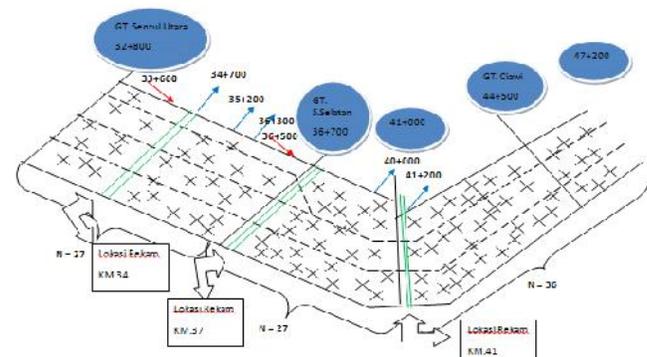
Bila digambarkan dalam bentuk gambar akan didapatkan seperti ini :



Gambar 3. Peta Persebaran KM.3+200-KM.14+600



Gambar 4. Peta Persebaran KM.14+600-KM.19+400-KM.23+800



Gambar 6. Peta Persebaran KM.32+800-KM.36+700-KM.47+200

C. Pembobotan Kecelakaan Lalu Lintas.

Selain meninjau Jumlah kecelakaan, persebaran kecelakaan juga ditinjau dari besarnya bobot kecelakaan yang terjadi di masing-masing ruas area penelitian. Adapun tabulasi silang dilokasi-lokasi pada ruas terjadinya kecelakaan akan dilakukan berdasarkan jenis kecelakaan, jumlah korban kecelakaan. Dilihat dari hal yang diderita oleh korban, tingkat keparahan akan dikelompokkan menjadi:

1. Meninggal dunia
2. Luka berat
3. Luka ringan

Dari koefisien pembobotan di bab III selanjutnya dilakukan analisa dari bobot kecelakaan di masing-masing ruas area penelitian namun karena keterbatasan data sekunder yang didapat maka pengukuran tidak dapat dilakukan di semua ruas penelitian. Adapun ruas yang dilakukan pengukuran digambarkan pada tabel berikut:

Tabel 5. Pembobotan Kecelakaan di Tiap Ruas di Tol Jagorawi tahun 2012

No. Ruas	Ruas Jalan	Fatalitas			Total Pembobotan Kecelakaan	Rank LAKA
		MD	LB	LR		
1	KM.3+867-km.4+700	0	2	8	18	7
2	Km.4+700-km.6+400	0	4	14	34	5
3	Km.6+400-km.14+600	4	2	25	75	1
4	Km.14+600-19+400	3	1	0	35	4
5	Km.19+400-km.23+800	2	1	0	25	6
6	Km.23+800-km.27+100	4	3	0	55	2
7	Km.41-km.44+500	3	1	16	51	3

Sumber: Hasil Olah Data

D. Pengolahan Data Primer

1. Melakukan pencarian PHF (*Peak Hour Factor*)

PHF atau *Peak Hour Factor* ialah jumlah 4x15 menit kendaraan yang melalui sebuah ruas jalan dimana data ini digunakan untuk mendapatkan nilai arus kendaraan yang melalui ruas area penelitian. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data volume untuk 9 jenis moda kendaraan sehingga sebelumnya

perlu dilakukan ekuivalensi smp (satuan mobil penumpang) dari masing-masing moda tersebut. Adapun angka ekivalensi yang digunakan adalah sebagai berikut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. MKJI, Chap.2-20):

- a. LV yang terdiri dari minibus, sedan, *pickup*, truk kecil memiliki angka ekivalensi smp sebesar 1
- b. MHV yang terdiri dari truk 2 as memiliki angka ekivalensi smp sebesar 1,3
- c. LB yang terdiri dari bus besar memiliki angka ekivalensi smp sebesar 1,5
- d. LT yang terdiri dari truk > 3as, truk 3 as, container memiliki angka ekivalensi smp sebesar 2.

Contoh perhitungan akan dilakukan untuk KM. 3+867-KM.4+700, tabel 6:

Tabel 6. Data Volume Yang Didapat Dari Hasil Pengamatan Lapangan

	Mini bus	Sedan	Pickup	Truk Kecil	Truk 2as	Bus besar	Truk >3as	Truk 3as	Container
12.00-12.15	1003	611	237	206	95	92	0	47	33
12.15-12.30	884	630	147	194	93	61	0	61	60
12.30-12.45	934	533	104	141	94	43	0	74	56
12.45-13.00	896	552	107	171	92	69	0	60	52
13.00-13.15	1203	784	150	207	140	2	23	45	0
13.15-13.30	780	645	130	197	86	0	32	55	0
13.30-13.45	990	570	108	135	56	0	20	77	0
13.45-14.00	904	554	110	186	80	0	24	44	0

Sumber: Hasil Survey Data Primer

sehingga didapat data dari masing-masing moda kendaraan lalu dilakukan ekivalensi smp sehingga didapat data pada tabel 7, dan dilakukan perhitungan PHF, tabel 8.

Tabel 7. Hasil Volume setelah ekivalensi smp diKM.3+867-KM.4+700

	Mini bus	Sedan	Pickup	Truk Kecil	Truk 2as	Bus besar	Truk >3as	Truk 3as	Container
12.00-12.15	1003	611	237	206	123.5	138	0	94	66
12.15-12.30	884	630	147	194	120.9	91.5	0	122	120
12.30-12.45	934	533	104	141	122.2	64.5	0	148	112
12.45-13.00	896	552	107	171	119.6	103.5	0	120	104
13.00-13.15	1203	784	150	207	182	3	46	90	0
13.15-13.30	780	645	130	197	111.8	0	64	110	0
13.30-13.45	990	570	108	135	72.8	0	40	154	0
13.45-14.00	904	554	110	186	104	0	48	88	0

Sumber: Hasil olah data

Tabel 8. Hasil Perhitungan PHF di KM. 3+678- Km.4+700

	Mini bus	Sedan	Pickup	Truk Kecil	Truk 2 as	Bus besar	Truk >3as	Truk 3as	Container	Total 15 Menit	Total 4x15 Menit (PHF)
12.00-12.15	1003	611	237	206	123.5	138	0	94	66	2478.5	9119.7
12.15-12.30	884	630	147	194	120.9	91.5	0	122	120	2309.4	9306.2 (nilai max)
12.30-12.45	934	533	104	141	122.2	64.5	0	148	112	2158.7	9034.6
12.45-13.00	896	552	107	171	119.6	103.5	0	120	104	2173.1	8945.7
13.00-13.15	1203	784	150	207	182	3	46	90	0	2665	8766.6 (nilai min)
13.15-13.30	780	645	130	197	111.8	0	64	110	0	2037.8	
13.30-13.45	990	570	108	135	72.8	0	40	154	0	2069.8	
13.45-14.00	904	554	110	186	104	0	48	88	0	1994	

Sumber: Hasil olah data

2. Menentukan Waktu Tempuh Rata-rata

Setelah mendapatkan data waktu tempuh dari hasil pengamatan lapangan selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai *mean*, *median* dan *standar deviasi* dari data waktu tempuh rata-rata tersebut.

Tabel 9. Data mean, median & standar deviasi waktu tempuh pukul 13.00 – 14.00 di KM.3+867- KM.4+700

	Miri bus	Sedan	Pickup	Truk Kecil	Truk 2 as	Bus besar	Truk >3as	Truk 3as	Container
Mean	8,85	8,00	7,83	9,08	8,25	9,35	0	12,55	13,90
Median	9	8	8	9	8	9	0	13	13
Standar deviasi	1.001281	1.05217	0.78079	1.366025	0.898717	0.921259	0	1.53306	2.589921

Sumber: Hasil olah data

Dari hasil pengolahan data mean, maka dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya untuk mendapatkan data kecepatan tempuh rata-rata untuk tiap moda kendaraan sebagai berikut:

Tabel 10. Data mean, median & standar deviasi waktu tempuh pukul 13.00 – 14.00 di KM.3+867- KM.4+700

	Minibus	Sedan	Pickup	Truk kecil	Truk 2 as	Bus besar	truk >3as	truk 3as	container
mean	8.85	8.00	7.83	9.08	8.25	9.35	0	12.55	13.90
median	9	8	8	9	8	9	0	13	13
standar deviasi	1.001281	1.05217	0.78079	1.366025	0.898717	0.921259	0	1.53306	2.589921
kecepatan tempuh rata ² (km/jam)	40.68	45.00	46.01	39.67	43.64	38.50	0.00	38.69	25.90
kecepatan tempuh rata ² TOTAL (km/jam)	34.23								

Sumber: Hasil olah data

Setelah mendapatkan nilai PHF (*q max*) dan kecepatan tempuh rata-rata (*v min*) maka variabel selanjutnya yang perlu dicari ialah kepadatan (*kend/km*) maksimum dengan rumus berikut:

$$k = q \text{ max} / v \text{ min}$$

$$k = 9307 \text{ (kend/jam)} / 34,23 \text{ (km/jam)}$$

$$k = 271,87 \approx 272 \text{ kend/km}$$

Dari hasil pengolahan data di atas dapat disimpulkan data-data yang didapat di KM.3+867-KM.4+700 adalah sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil Volume setelah ekivalensi smp di KM.3+867-KM.4+700

No ruas	Lokasi ruas	q max (kend/jam)	q min (kend/jam)	v min (km/jam)	v max (km/jam)	k max (kend/km)
ruas 1	km 3+867 - km 4+700	9306.2	8766.6	34.23082	34.89243	271.866136

Sumber: Hasil olah data

Untuk data rekap semua ruas digambarkan pada tabel 12:

Tabel 12. Rekap data arus, kecepatan dan kepadatan untuk KM.4+700-KM.6+400 – KM.41+KM.44+500

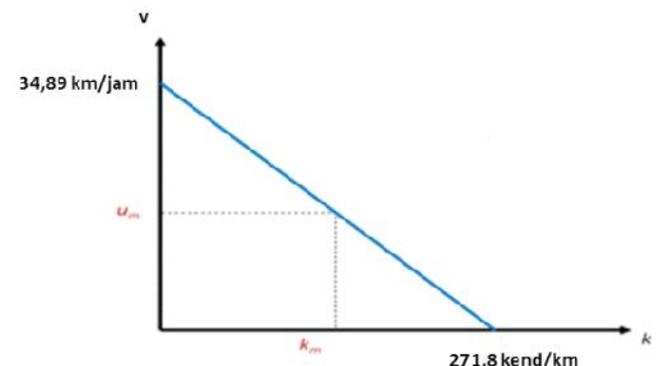
No ruas	Lokasi ruas	q max (kend/jam)	q min (kend/jam)	v min (km/jam)	v max (km/jam)	k max (kend/km)
ruas 2	Km 4-700 – km 6-400	5490.5	3622.2	57.32	68.66	81.55
ruas 3	Km. 6+400 - km. 14+600	3147	2892	30.97	40.00	93.38
ruas 4	Km. 14+600 – km 19+400	5058.4	2464.4	79.43	94.95	53.68
ruas 5	Km. 19+400 – km. 23-800	3176.7	2916.9	55.80	71.88	52.31
ruas 7	Km. 27+100 – km 32+800	2251.2	2071.7	81.94	83.55	27.47
ruas 8	Km. 32+800 – km 36+700	3484.4	2610.3	77.43	81.67	45.00
ruas 9	Km. 36-700 – km. 41	2585.3	1598.4	79.33	81.84	32.59
ruas 10	Km. 41 – km 47	1944.2	1821.2	54.23	70.78	33.58

Sumber: Hasil olah data

3. Mencari hubungan antara ketiga variable karakteristik lalu lintas

a. Kecepatan (*v*) dan kepadatan (*k*)

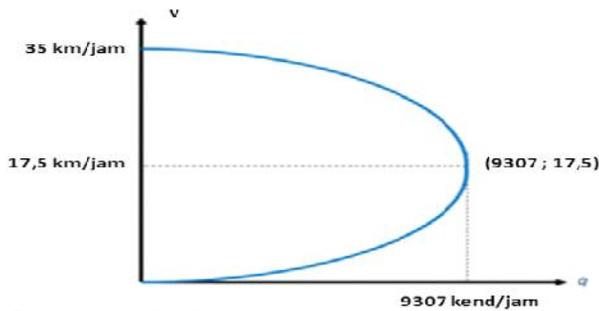
Hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan sebuah persamaan linier yang digambarkan pada diagram berikut setelah dilakukan perhitungan dengan metode *Greenshields* di KM 3+867 – KM 4+700:



Gambar 7. Hubungan Antara Kecepatan dan Kepadatan

b. Kecepatan (*v*) dan arus (*q*)

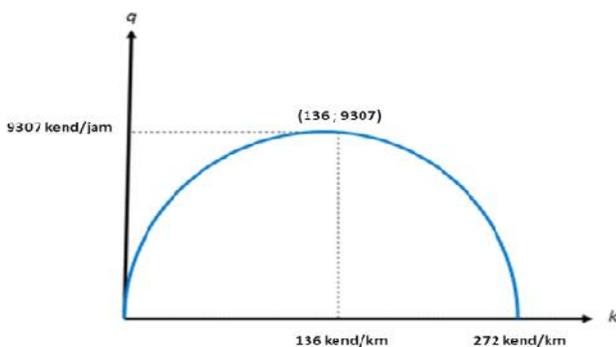
Hubungan antara kecepatan dan arus merupakan sebuah persamaan parabola mendatar yang digambarkan pada grafik berikut setelah dilakukan perhitungan dengan metode *Greenshields* di KM 3+867 – KM 4+700:



Gambar 8. Hubungan Antara Kecepatan dan Arus

c. Kepadatan (k) dan arus (q)

Hubungan antara kepadatan dan arus merupakan sebuah persamaan parabola vertikal yang digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 9. Hubungan Antara Kepadatan dan Arus

Untuk ruas lainnya, hubungan antara kecepatan, kepadatan dan arus digambarkan pada tabel berikut:

Tabel 13. Hubungan Antara Kecepatan Kepadatan dan Arus di Area Penelitian

ruas	lokasi	v	q	q
ruas 1	km 3+857- km. 4+700	$v = 34.89 - 0.13k$	$q = -30.4v^2 + 1064v$	$q = -0.5k^2 + 136k$
ruas 2	Km. 4+700 - km. 6+400	$v = 68.66 - 0.85k$	$q = -4.6v^2 + 317.4v$	$q = -3.3k^2 + 270.6k$
ruas 3	Km. 6+400 - km. 14+600	$v = 40 - 0.43k$	$q = -7.37v^2 + 314.8v$	$q = -1.43k^2 + 134.42k$
ruas 4	Km. 14+600 - km 19+400	$v = 94.95 - 1.491k$	$q = -2.3v^2 + 213.5v$	$q = -4.94k^2 + 315.16k$
ruas 5	Km. 19+400 - km 23+800	$v = 71.88 - 1.16k$	$q = -2.7v^2 + 194.4v$	$q = -3.5k^2 + 220.5k$
ruas 7	Km. 27+100 - km 32+800	$v = 83.55 - 3.04k$	$q = -1.3v^2 + 109.2v$	$q = -8.8k^2 + 281.6k$
ruas 8	Km. 32+800 - km. 35+700	$v = 81.67 - 1.82k$	$q = -2.1v^2 + 172.2v$	$q = -6.9k^2 + 310.5k$
ruas 9	Km. 36+700 - km. 41+000	$v = 81.64 - 2.51k$	$q = -1.54v^2 + 125.28v$	$q = -9.5k^2 + 313.5k$
ruas 10	Km. 41+000 - km 47+000	$v = 70.78 - 2.11k$	$q = -1.54v^2 + 109.34v$	$q = -6.73k^2 + 228.82k$

Sumber: Hasil olah data

E. Analisa Jumlah kecelakaan tiap segmen jalan dengan karakteristik lalu lintas

Tabel 14. Hubungan Jumlah Kendaraan Dengan Karakteristik Lalu Lintas

No Ruas	Lokasi penelitian	Data jumlah kecelakaan yang terjadi di tahun 2012	Arus maksimum (kend/jam)	Kecepatan maksimum (km/jam)	Kepadatan maksimum (kend/km)
ruas 1	km 3+857 - km.4+700	11	9306,2	34,89	271,9
ruas 2	Km. 4+700 - km. 6+400	23	5490,5	68,66	81,5
ruas 3	Km. 6+400 - km. 14+600	77	3147	40	93,4
ruas 4	Km. 14+600 - km. 19+400	37	5058,4	94,95	63,7
ruas 5	Km. 19+400 km 23+800	55	3476,7	71,88	62,3
ruas 7	Km. 27+100 - km. 32+800	58	2251,2	83,55	27,5
ruas 8	Km. 32+800 - km. 36+700	27	3484,4	81,67	45
ruas 9	Km. 36+700 - km. 41+000	27	2585,8	81,64	32,5
ruas 10	Km. 41 - km. 47	21	1944,2	70,78	33,6
	Nilai median		3476,7	70,78	62,31

Sumber: Hasil olah data

Dari pengolahan data yang didapat maka dapat dianalisa untuk bobot kecelakaan sebagai berikut

- Bobot kecelakaan paling besar berada di KM.6+400-KM.14+600 dengan kondisi jumlah arus kendaraan dan kecepatan tempuh yang tergolong rendah (berada kurang dari nilai tengah) sedangkan kepadatan yang tinggi (berada lebih dari nilai tengah) didukung dengan jumlah terjadinya kecelakaan dengan jumlah terbesar yaitu 77 kecelakaan. Dari hasil ini dapat dianalisa bahwa kecelakaan terbesar terjadi pada saat kondisi area penelitian berada pada cukup padat.
- Sedangkan di KM.6+400-KM.14+600 memiliki bobot kecelakaan dan jumlah kecelakaan yang paling rendah dimana jumlah arus kendaraan dan kepadatan merupakan jumlah yang terbesar diantara ruas lainnya dan kecepatan menempati angka yang terkecil diantara segmen jalan lainnya. Dari hasil ini dapat bahwa kecelakaan di ruas ini juga bukan dipengaruhi oleh

kecepatan kendaraan yang melintas karena kecepatan maksimum kendaraan hanya mencapai 34 km/jam. Penyebab kecelakaan di KM.6+400-KM.14+600 ini juga disebabkan karena tingginya kepadatan dan arus sehingga kondisi lalu lintas menjadi cenderung macet yang dapat memicu hal yang dapat menyebabkan kecelakaan yaitu menurunkan konsentrasi pengemudi dan membuat pengemudi menjadi lengah dan kurang menjaga jarak aman antar kendaraan dan berpotensi menyebabkan tabrakan depan - belakang.

- Sedangkan untuk di KM.14+600-KM.19+400 yang memiliki angka kecelakaan yang cukup tinggi juga yaitu sebanyak 37 kecelakaan dalam setahun dan dari hasil pengolahan data hubungan antar karakteristik lalu lintas dapat disimpulkan kecelakaan terjadi karena tingginya kecepatan kendaraan yang melintas yang dapat mencapai lebih dari 94 km/jam.

Rekomendasi penyelesaian: untuk mengurangi tingginya angka kecepatan kendaraan yang melintas maka perlu dilakukan pembatasan kecepatan kendaraan dengan memberikan rambu petunjuk maksimal batas maksimal kecepatan yang diijinkan.

F. Plotting Area Kecelakaan Berdasarkan Basic FreeWay

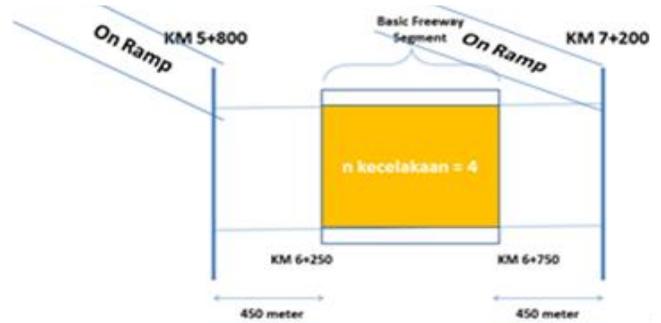
Basic freeway = 1 segmen dikurangi dengan on ramp dan off ramp sejauh 450 m.

Tabel 15. Freeway Facility Segment

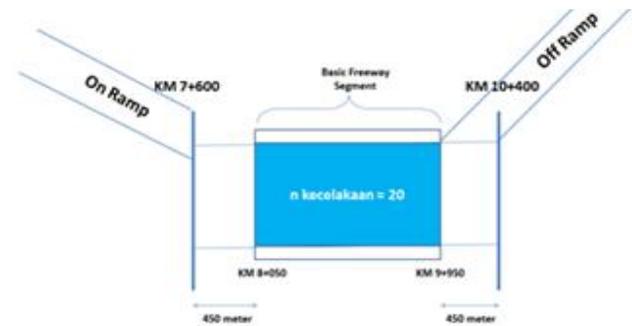
Ruas	Basic Freeway (sta)	AR/Tahun	Volume	Kecepatan	Kepadatan	L (km)	Jumlah Laka
2	KM6+250-6+750	800	5490,5	68,66	81,55	0,5	4
3	KM8+050-9+950	1053	3147	40	93,4	1,9	20
3	KM11+450-12+950	667	3147	40	93,4	1,5	10
4	KM15+050-18+750	811	5058,4	94,95	63,68	3,7	30
5	KM19+650-23+150	771	3476,7	71,88	62,31	3,5	27
7	KM28+250-32+150	692	2251,2	83,55	27,47	3,9	27
9	KM36+950-39+550	692	2585,8	81,84	32,59	2,6	18
10	KM41+650-44+050	708	1944,2	70,78	33,58	2,4	17

Sumber: Hasil olah data

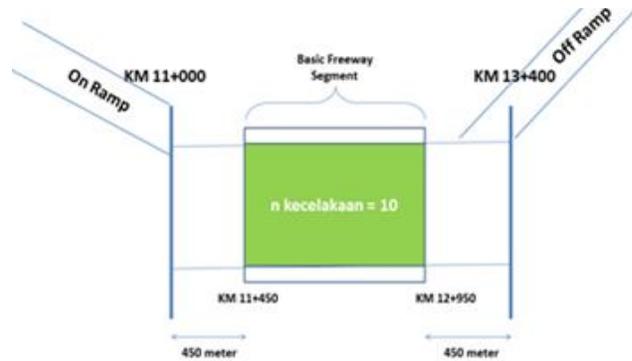
Bila ditinjau berdasarkan basic freeway segment dari awal lokasi penelitian yang berada di KM 3+867 hingga KM 44+500 maka akan didapatkan pembagian segmen sebagai berikut dimana basic freeway segment didapatkan dari pengukuran yang mengacu pada titik mulai terjadi diverging dan merging akibat adanya on ramp dan off ramp lalu diambil jarak sejauh 450 meter sehingga didapatkan plotting lokasi penelitian, seperti pada gambar:



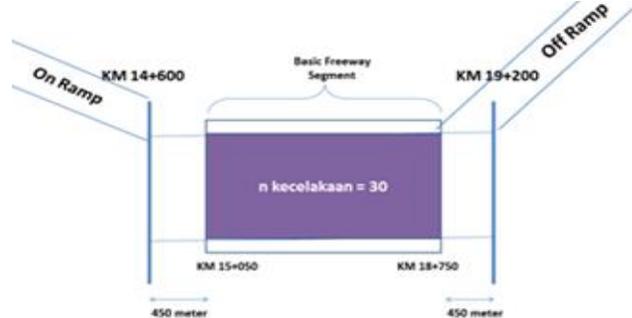
Gambar 10. KM 5+800 - KM 7+200



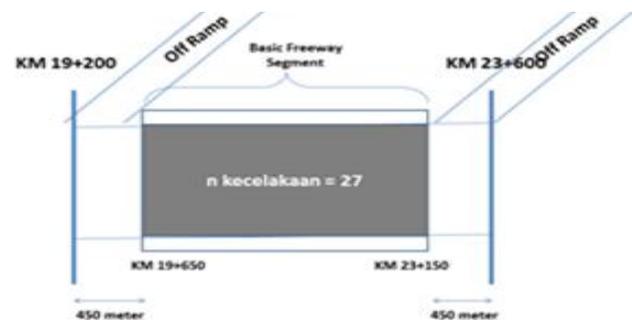
Gambar 11. KM 7+600 - KM 10+400



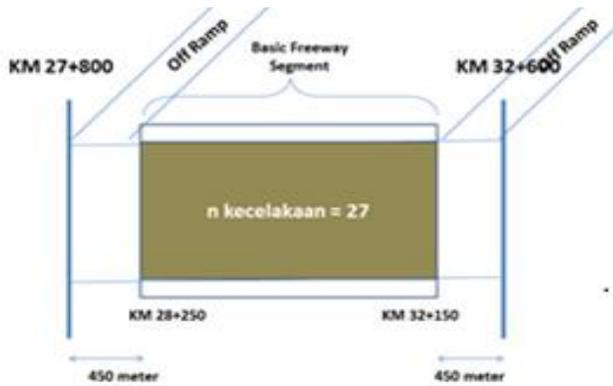
Gambar 12. KM 11+000 - KM 13+400



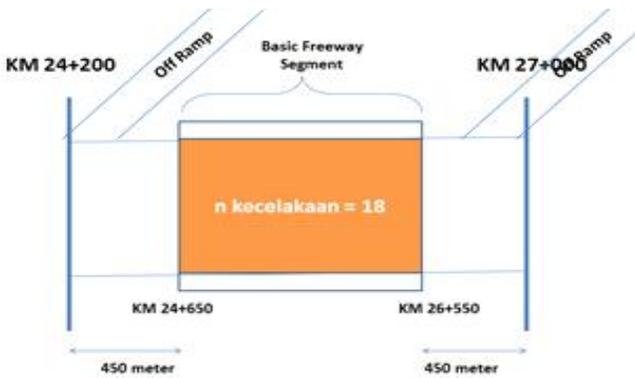
Gambar 13. KM 14+600 - KM 19+200



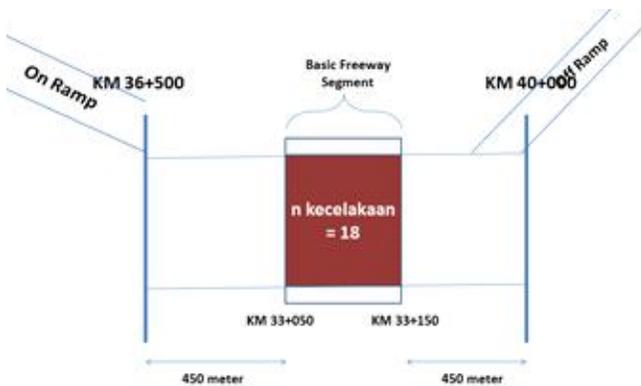
Gambar 14. KM 19+200 - KM 23+600



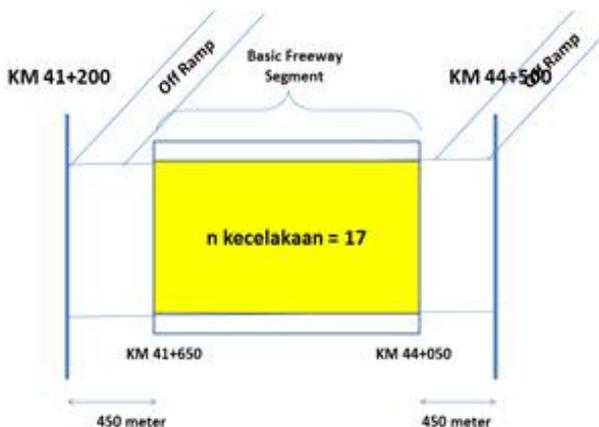
Gambar 15. KM 27+800 - KM 32+600



Gambar 16. KM 24+200 - KM 27+000



Gambar 17. KM 36+500 - KM 40+000



Gambar 18. KM 41+200 - KM 44+500

G. Korelasi Karakteristik Kecelakaan Dan Angka Kecelakaan

Korelasi dilambangkan dengan r dengan ketentuan nilai r tidak lebih dari harga $(-1 \leq r \leq 1)$. Apabila nilai $r = -1$ artinya korelasi negatif sempurna; $r = 0$ artinya tidak ada korelasi; dan $r = 1$ artinya korelasinya sangat kuat.

Tabel 16. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800-1,000	Sangat Kuat
0,600-0,799	Kuat
0,400-0,599	Cukup Kuat
0,200-0,399	Lemah
0,000-0,199	Sangat Lemah

Sumber: Usman, H. dan R. Purnomo Setiady Akbar. 2000. Pengantar Statistika. Jakarta : Bumi Aksara.

Tabel 17. Data Jumlah Kecelakaan Dan Arus, Kecepatan dan Kepadatan Berdasarkan Karakteristik Lalu-Lintas

Basic Freeway (sta)	AR/tahun	Volume	Kecepatan	Kepadatan	L (km)
KM6+250-6+750	8,00	5490,5	68,66	81,55	0,5
KM8+050-9+950	10,53	3147	40	93,4	1,9
KM11+450-12+950	6,67	3147	40	93,4	1,5
KM15+050-18+750	8,11	5058,4	94,95	63,68	3,7
KM19+650-23+150	7,71	3476,7	71,88	62,31	3,5
KM28+250-35+150	6,92	2251,2	83,55	27,47	3,9
KM36+950-39+550	6,92	2585,8	81,84	32,59	2,6
KM41+650-44+050	7,08	1944,2	70,78	33,58	2,4

Sumber: Hasil Olah data

Tabel 17. Hasil Korelasi Angka Kecelakaan (Basic Freeway) Berdasarkan Karakteristik Lalu-Lintas.

	Pearson Korelasi	KD (Determinasi)
AR	0,94	88,36
Volume		
AR	0,93	86,49
Kecepatan		
AR	0,93	86,49
Kepadatan		

Sumber: Hasil Olah data

Berdasarkan hasil analisis korelasi diatas dapat dianalisis koefisien korelasi dan determinasi karakteristik lalu-lintas yaitu variabel arus terhadap jumlah kecelakaan pada lokasi basic freeway Jagorawi memiliki hubungan positif dan signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data primer dan ditunjang

dengan data sekunder maka didapatkan kesimpulan yaitu karakteristik lalu lintas di suatu ruas segmen mempengaruhi bobot kecelakaan dan jumlah kecelakaan yang terjadi di segmen/penggal jalan berikut :

Kecelakaan yang terjadi yang diakibatkan oleh tingginya arus dan kepadatan seperti yang terjadi di kilometer 3+867-kilometer 4+70 dan segmen jalan dengan lokasi kilometer 6+400-kilometer 14+600 dapat dilakukan pencegahannya dengan mengurangi jumlah kendaraan yang masuk ke dalam ruas tersebut dengan melakukan sistem buka tutup gerbang tol dan pengalihan arus lalu lintas melalui jalan lain sehingga dapat mengurangi kepadatan lalu lintas. Selain itu juga dapat dilakukan dengan melakukan penambahan lajur jalan sehingga dapat meningkatkan kapasitas jalan.

Sedangkan untuk kecelakaan yang terjadi yang diakibatkan oleh tingginya angka kecepatan seperti di kilometer 14+600-kilometer 19+400 dapat dilakukan pencegahannya dengan pembatasan kecepatan kendaraan yang melintas seperti dengan memasang rambu petunjuk batas maksimal kecepatan yang diijinkan untuk melintas.

Berdasarkan tujuan dari penelitian yaitu untuk menganalisis karakteristik lalu-lintas (arus, kecepatan dan kepadatan) maka jumlah atau bobot kecelakaan terbesar berada di KM.6+400-KM.14+600 dengan kondisi jumlah arus kendaraan dan kecepatan tempuh yang tergolong rendah (berada kurang dari nilai median) sedangkan kepadatan yang tinggi (berada lebih dari nilai tengah) menghasilkan jumlah kecelakaan terbesar sehingga dapat disimpulkan bahwa pada segmen ini kecelakaan terbesar terdapat pada kondisi area penelitian yang cukup padat dengan jenis kecelakaan depan-belakang.

Pada segmen/penggal jalan di lokasi KM.3+867-KM.4+700 memiliki jumlah dan bobot kecelakaan paling rendah bahwa jumlah arus dan kepadatan tidak mempengaruhi jumlah kecelakaan karena kecepatan maksimum mencapai 34 km/jam ditambah kepadatan paling tinggi di segmen ini menyebabkan pengemudi kehilangan konsentrasi tinggi.

Korelasi karakteristik lalu-lintas dengan angka kecelakaan memiliki nilai korelasi dan determinasi beragam, yang memiliki hubungan erat dengan kenyataan lapangan artinya hubungan tersebut di asumsikan memiliki hubungan linier dimana masing-masing nilai korelasi berikut, angka kecelakaan dan volume sebesar 0,94, angka kecelakaan dan kecepatan sebesar 0,93, angka

kecelakaan dan kepadatan sebesar 0,93.

Berdasarkan uji korelasi person product momen bahwa variabel arus, dan kecepatan memiliki nilai korelasi $>0,5$ maka dikatakan adanya hubungan antara variabel arus, variabel kecepatan dan variabel kepadatan terhadap kecelakaan. Artinya variabel arus, kecepatan dan kepadatan akan mengakibatkan perubahan angka kecelakaan per-kilometer.

Pada lokasi *basic freeway* km.15+050-km.18+750 memiliki angka kecelakaan rata-rata kilometer per tahunnya sebesar 8,11 menduduki peringkat kedua artinya adanya hubungan linier antara ketiga variabel.

B. Saran

Untuk mengurangi jumlah kecelakaan di sebuah ruas jalan maka perlu dilakukan adalah dengan dilakukan sistem buka tutup gerbang tol untuk mengurai kepadatan di suatu ruas serta dengan menambah lajur jalan sehingga dapat memperbesar kapasitas jalan dan mengurai kepadatan di suatu ruas.

Sedangkan untuk ruas jalan yang kecelakaannya dipengaruhi oleh tingginya kecepatan kendaraan yang melintas, perlu dilakukan pembatasan kecepatan dengan memasang rambu petunjuk batasan maksimal kecepatan yang diijinkan.

Membuat program aksi berupa penerapan manajemen lalulintas yang ditujukan untuk mengatur besarnya arus lalulintas (dapat berupa pengaturan arah, pembatasan jenis kendaraan, pembatasan zona operasi, road pricing, dan lain-lain).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yaitu bapak Ir.Jachrizal Sumabrata, Ph.D dan ibu Ir. Martha Leni Siregar, M.Sc yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada orang tua yakni Ayah Zahlul Djihad dan ibu Imaya Riantini yang telah membantu dalam mendukung penelitian ini baik rohani maupun materi, kepada istri tercinta bunda Linda Wahyuni yang telah menunggu dengan ketulusan hingga selesai dan AKBP Joko Adi Nugroho (KA Induk PJR Jagorawi) yang telah memberikan informasi data sekunder dan membantu dalam pelaksanaan survei.

DAFTAR PUSTAKA

Khisty, C.J. dan Lall, B.K., 2005. *Dasar-dasar Rekayasa*

- Transportasi*: Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Korps Lalu-lintas Polri Den Wal Patroli Jalan Raya Induk Jagorawi, 2013,*Data Laka Tahun 2012*.
- Usman, H. dan R. Purnomo Setiady Akbar. 2000. *Pengantar Statistika*. Jakarta : Bumi Aksara).
- Pelajaran Teknik Transportasi Teknik Sipil Universitas Indonesia, 2007, Depok.
- Departemen Pekerjaan Umum., Juni 1997. *MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia)*, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Ditjen Bina Marga, 1997. *IHCM; Indonesian Highway Capacity Manual*,Direktorat BINKOT.
- Direktorat Jenderal Bina Marga “*Manual KapasitasJalan Indonesia*, 1997, chap.2-20)
- Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993, *TentangPrasaranaJalan Raya danLalu-Lintas*, Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Tjahjono, Tri ,2002.*Analisis Keselamatan Transportasi*.
- Haryani, Pratiwi, 2012" Analisis Hubungan Karakteristik Kecelakaan Dan V/c Rasio”menyadur“L. Pignataro (1973), *Traffic Engineering - Theory and Practice*, Prentice Hill Inc. Englewood Cliffs.