

# PEMODELAN REGRESI ANTARA KEMALANGAN JALAN RAYA DENGAN ISIPADU TRAFIK, PERSIMPANGAN, LAMPU ISYARAT DAN WAKTU KEJADIAN

ROHAIZA ZAKARIA  
YUHANIZ AHMAD  
*Fakulti Sains Kuantitatif  
Universiti Utara Malaysia*

## ABSTRAK

*Kajian ini membincangkan hubungan antara bilangan kemalangan jalan raya di sebuah daerah di Negeri Kedah, Malaysia dengan isipadu trafik, persimpangan, lampu isyarat dan waktu kejadian. Jenis jalan bersimpang yang dipertimbangkan dalam kajian ini adalah simpang tiga dan simpang empat, sama ada yang berlampu isyarat atau tidak. Manakala waktu kejadian merujuk kepada waktu sibuk dan waktu tidak sibuk. Ujian nisbah kebolehjadian membuktikan bahawa model regresi Binomial Negatif merupakan model terbaik untuk disesuaikan kepada data kemalangan yang ada. Model regresi yang dibentuk merujuk kepada kemalangan yang berlaku di sekitar setiap stesen pengumpulan isipadu trafik dalam daerah kajian.*

**Kata kunci:** *Kemalangan jalan raya; isipadu trafik; persimpangan; lampu isyarat, waktu kejadian dan regresi Binomial Negatif.*

## ABSTRACT

*This paper discusses a relationship between the numbers of road accidents in one district of the state of Kedah, Malaysia with traffic volume, road junctions, traffic light, and occurring time. Types of road junction that were considered in this study were the T-junctions and four-legged intersections either signalised or non-signalised. The occurring time refers to peak and off-peak time. Likelihood ratio test gives evidence that the Negative Binomial regression model is the best model to fit the accident data. The designs of the regression model refers to accident occurring among each of the traffic volume collection stations in the study district.*

**Keywords:** *Road accident; traffic volume; junction; traffic light; occurring time and Negative Binomial regression.*

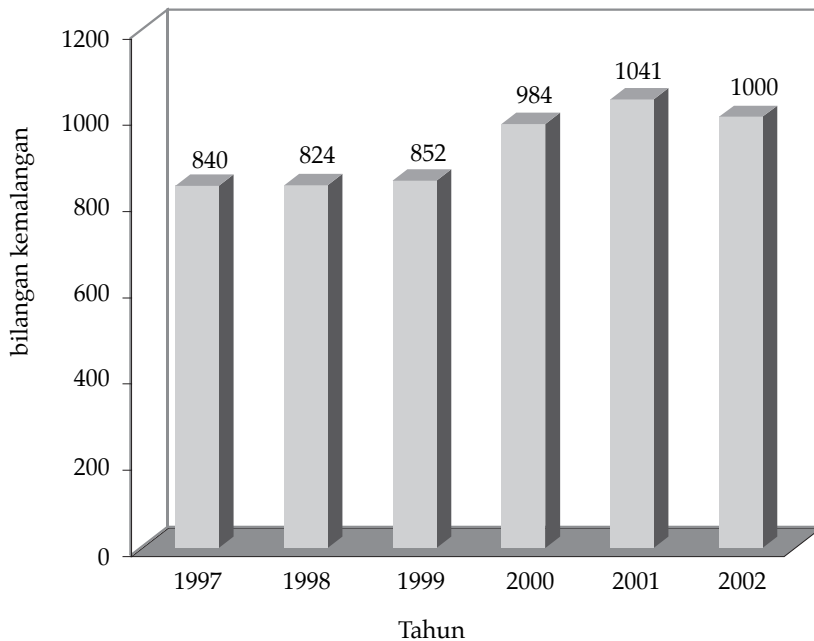
## PENGENALAN

Berita kemalangan jalan raya di Malaysia bukan lagi suatu perkara yang asing. Peningkatan kes kemalangan saban hari membimbangkan pelbagai pihak. Jika masalah ini tidak dibendung segera, ia bukan hanya mengancam nyawa malah secara tidak langsung boleh menggugat pertumbuhan ekonomi negara. Pelbagai langkah telah diambil bagi mengurangkan kes kemalangan jalan raya namun ia semakin meningkat (Husin, 1999). Sehubungan itu, usaha untuk mengurangkan masalah peningkatan kes kemalangan jalan raya ini perlu dibuat. Antaranya, memupuk kesedaran yang berterusan dalam diri setiap pemandu terhadap masalah ini dan memperbaiki kemudahan yang sedia ada.

Terlalu banyak faktor yang menjadi punca berlakunya kemalangan. Namun, bilangan kawasan yang dilabelkan sebagai kawasan kemalangan juga tidak kurang banyaknya. Beberapa kawasan yang sering berlaku kemalangan adalah di kawasan berisipadu trafik tinggi, persimpangan, kawasan berpenduduk padat, jalan berselekoh dan sebagainya. Gabungan faktor jenis jalan bersimpang sama ada berlampu isyarat ataupun tidak, waktu kejadian serta kedudukan jalan tersebut dalam stesen pengumpulan isipadu trafik dilihat sebagai suatu faktor yang perlu dikaji kepentingannya dalam usaha untuk mengurangkan kes kemalangan.

Laporan Perangkaan Kemalangan Jalan Raya Malaysia (Polis Di Raja Malaysia, 2002) menunjukkan bahawa Malaysia adalah sebuah negara yang terus mencatatkan peningkatan angka kemalangan jalan raya daripada 162,491 kes pada tahun 1995 kepada 265,175 kes pada tahun 2001. Dalam tempoh yang sama, peningkatan kes kemalangan didapati berlaku hampir di keseluruhan negeri di Malaysia. Di Negeri Kedah, dalam tempoh tersebut peningkatan berlaku daripada 4,417 kes kepada 12,022 kes.

Walau bagaimanapun, tumpuan kajian ini diberikan terhadap kemalangan yang berlaku di sebuah daerah dalam Negeri Kedah sahaja. Daerah tersebut merupakan salah sebuah daerah yang mencatatkan rekod bilangan kemalangan yang tertinggi di Negeri Kedah. Maklumat kemalangan jalan raya bagi daerah tersebut bagi tahun 1998 hingga 2000 yang diperolehi daripada Sistem Laporan Kemalangan Berkomputer, CARS (Polis Di Raja Malaysia, 2002) dipaparkan dalam Rajah 1. Plot tersebut menggambarkan bilangan kemalangan yang tinggi sepanjang tempoh yang dinyatakan. Oleh itu, satu kajian dirasakan wajar dilaksanakan untuk melihat secara terperinci kes kemalangan di kawasan tersebut.



**Rajah 1**  
Plot bilangan kemalangan jalan raya mengikut tahun

### Objektif Kajian

- i. Menjana satu kaedah yang dapat mengenal pasti kewujudan kesan jalan bersimpang ke atas bilangan kemalangan secara kuantitatif.
- ii. Menganggar bilangan kemalangan di jalan bersimpang secara matematik, supaya langkah untuk mengatasinya dapat dirancang dengan lebih baik.
- iii. Menentukan jenis simpang yang berisiko tinggi untuk berlakunya kemalangan.

### Skop Kajian

Kajian ini dijalankan di sebuah daerah di Negeri Kedah, Malaysia melibatkan bilangan kemalangan yang berlaku, isipadu trafik dan lokasi stesen pencerapannya, persimpangan jalan (simpang tiga atau empat), faktor lampu isyarat (ada atau tiada) dan waktu kejadian (sibuk atau tidak sibuk). Kajian ini hanya melibatkan sebuah daerah sahaja agar bersesuaian dengan pembiayaan yang diperoleh.

## ULASAN KARYA

Di awal penyelidikan kebanyakan analisis empirik berkaitan data kemalangan telah dibuat menggunakan model regresi linear berganda. Namun begitu, kebanyakan penyelidik berpendapat bahawa model regresi linear berganda bagi data kemalangan adalah tidak malar secara praktikalnya. Beberapa penyelidik menggunakan model regresi Poisson untuk mengatasi masalah tersebut. Penggunaan regresi Poisson dalam memodelkan data kemalangan memerlukan kepada satu andaian bahawa varians dan min adalah sama bagi pemboleh ubah bersandar (Karlaftis & Golias, 2002).

Beberapa penyelidik dari luar negara berjaya membuktikan bahawa taburan Poisson sesuai untuk pemodelan set data kemalangan. Kajian ke atas data kemalangan jalan raya oleh Zahavi (1962) mendapati bahawa taburan Poisson merupakan taburan penyuaian yang baik (Kamarulzaman & Wan, 2001). Di samping Zahavi (1962), Chapman (1971), Miaou, Hu, Wright, Rathi dan Davis (1992) juga berjaya membuktikan bahawa taburan Poisson adalah taburan penyuaian yang baik kepada set data kemalangan (Hadi, Aruldas, Chow & Wattleworth, 1993).

Di sebalik kelebihan kaedah regresi Poisson yang dapat mengatasi kelemahan kaedah regresi linear berganda, namun model regresi Poisson juga mempunyai kelemahannya. Penggunaan taburan ini yang hanya sesuai bagi set data yang mempunyai varians dan min yang sama bagi pemboleh ubah bersandarnya yang sering membawa kepada keputusan yang tidak bererti bagi statistik ujian-*t* dalam parameter model jika andaian ini jika tidak dipenuhi (Karlaftis & Golias, 2002). Kelemahan ini dapat diatasi dengan menggunakan kaedah regresi Binomial Negatif yang membenarkan varians bagi pemboleh ubah bersandar menjadi lebih besar daripada minnya.

Kelebihan kaedah regresi Binomial Negatif telah dipersetujui oleh para penyelidik. Dalam kajian untuk menganggar kesan keselamatan berdasarkan reka bentuk keratan rentas bagi pelbagai jenis jalan raya di kawasan bandar dan luar bandar pada aras kesibukan trafik yang berbeza, Hadi *et al.* (1993) membuktikan bahawa kaedah regresi Binomial Negatif adalah kaedah yang terbaik. Wang, Takashi dan Saito (1997) dalam kajiannya menggunakan data kemalangan maut di simpang empat berlampu isyarat serta mempertimbangkan faktor kedudukan simpang, corak kawalan isyarat, sudut persimpangan dan jarak penglihatan, mendapati bahawa taburan Binomial Negatif sesuai bagi data tersebut. Ivan dan O'Mara (1997) pula mendapati bahawa

purata kesibukan trafik merupakan pemboleh ubah penganggar yang kritikal kepada kadar kemalangan menggunakan kaedah yang sama (Karlaftis & Golias, 2002).

Kamarulzaman dan Wan (2001) dalam kajiannya yang menggunakan ujian kebagusan penyuaian khi kuasa dua, mendapati taburan Binomial Negatif adalah taburan yang wajar disuaikan bagi data kemalangan berbanding taburan Poisson. Karlaftis dan Golias (2002), membuktikan bahawa faktor yang mempengaruhi kemalangan adalah berbeza mengikut jenis jalan, reka bentuk geometri dan keadaan permukaan jalan menggunakan kaedah yang regresi Binomial Negatif.

## METODOLOGI

### Sumber Data

Data untuk kajian ini diperolehi daripada Ibu Pejabat Polis Daerah (IPD), Kawalan Trafik bagi daerah di Negeri Kedah menggunakan perisian Sistem Laporan Kemalangan Berkomputer (CARS), Jabatan Kerja Raya, Unit Perancangan Lebuhraya, Kementerian Kerja Raya Malaysia dan Majlis Daerah di Negeri Kedah. Data bilangan kemalangan jalan raya diambil (pemboleh ubah bersandar) bagi satu daerah kajian untuk tempoh tiga tahun mulai daripada Januari tahun 1999 hingga Disember 2001 mengikut pecahan pemboleh ubah tak bersandar iaitu:

- a. Lokasi stesen pencerapan isipadu trafik (lima stesen)
- b. Jenis simpang (tiga atau empat)
- c. Lampu isyarat (ada atau tiada)
- d. Waktu kejadian (sibuk atau tidak sibuk)

**Jadual 1**

Jadual Pembahagian Lokasi Stesen Pencerapan Isipadu Trafik

No. stesen	Lokasi	Purata isipadu trafik (1999 - 2001) (untuk analisis)	Kategori
KR201	Alor Star – Jitra	29805.67	1
KR202	Alor Star – Changlun	15452.67	2
KR203	Jitra – Changlun	29467.33	3
KR204	Alor Star – Jitra – Kodiang	10004.5	4
KR205	Jitra – Kodiang		
KR206	Jitra – Ayer Hitam	4658	5

Kekerapan berlakunya kemalangan adalah berbeza antara lokasi sekitar setiap stesen pencerapan isipadu trafik. Lokasi stesen pencerapan isipadu trafik menggambarkan aliran trafik di sesuatu laluan. Pengkelasan lokasi stesen ini berasaskan kategori stesen daripada laporan Unit Perancangan Lebuh Raya, Kementerian Kerja Raya Malaysia (1999) seperti maklumat dalam Jadual 1. Bagi faktor persimpangan, hanya simpang tiga dan simpang empat yang diambil kira memandangkan tiada kes direkodkan di simpang *staggered* (simpang berliku-liku atau berselang-seli) dan simpang bertingkat. Pengkelasan waktu kejadian ditunjukkan dalam Jadual 2.

**Jadual 2**  
Senarai Waktu Kejadian

Waktu kejadian	
Sibuk:	7.00am-9.00am, 12.00am-2.00pm, 4.30pm-7.00pm
Tidak sibuk:	Selain daripada waktu sibuk

**Model Regresi Poisson dan Model Regresi Binomial Negatif**

Analisis data dilakukan menggunakan kaedah pemodelan linear teritlak iaitu model regresi Poisson dan model regresi Binomial Negatif. Dalam regresi Poisson, diandaikan bahawa pemboleh ubah bersandar  $y$  (bilangan peristiwa kemalangan) mempunyai taburan Poisson diberi oleh pemboleh ubah tak bersandar  $x_1, x_2, x_3$  dan  $x_4$ .

$$P(y = y_i) = \frac{e^{-\mu_i(x_i, \beta)} [\mu_i(x_i, \beta)]^{y_i}}{y_i!} ; \quad i=1,2,\dots,n;$$

di mana:

- $y_i$  = bilangan kemalangan pada situasi ke- $i$
- $\beta$  = vektor mewakili set parameter yang ingin dianggar
- $\mu_i(x_i, \beta)$  = purata bilangan kemalangan pada situasi ke- $i$  dan adalah fungsi kepada set pemboleh ubah tak bersandar  $x$
- $\mu_i(x_i, \beta) = \hat{y}_i = \text{eksponen} (b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} )$

$$x_i = \begin{cases} x_1 & \text{adalah lokasi stesen pencerapan isipadu trafik} \\ x_2 & \text{adalah jenis simpang} \\ x_3 & \text{adalah faktor lampu isyarat} \\ x_4 & \text{adalah waktu kejadian} \end{cases}$$

$x_1 = 1, 2, \dots, 5$  lokasi stesen pencerapan isipadu trafik (rujuk Jadual 3.1)  
 $x_2 = 1$  simpang 3;                       $x_2 = 0$  simpang 4;  
 $x_3 = 1$  ada lampu isyarat;    $x_3 = 0$  tiada lampu isyarat  
 $x_4 = 1$  waktu sibuk;                 $x_4 = 0$  waktu tidak sibuk (rujuk Jadual 3.2)

Model Binomial Negatif sebenarnya adalah model yang terbentuk daripada proses pengubahsuaian model Poisson yang membenarkan varians proses berbeza daripada minnya (Karlaftis & Tarko, 1998). Ia terhasil apabila nilai min bagi model Poisson dispesifikasikan.

### **Kaedah Pemilihan Model yang Sesuai**

Pemilihan model yang sesuai boleh ditentukan menggunakan ujian nisbah kebolehjadian (LR) ke atas serakan lampau dalam data. Taburan Poisson hanya sesuai bagi data yang tiada masalah serakan lampau atau kurang serakan. Dalam erti kata lain, bagi taburan Poisson, nilai varians mestilah sentiasa bersamaan dengan nilai min. Tidak seperti taburan Poisson, taburan Binomial Negatif membenarkan nilai varians berbeza dari nilai min, iaitu varians = min +  $k(\text{min}^2)$ . Ini menjelaskan bahawa Taburan Binomial Negatif adalah taburan penyuaian yang lebih baik sekiranya wujud masalah serakan lampau atau kurang serakan pada suatu set data kemalangan yang ada.

Ujian nisbah kebolehjadian (LR) adalah berasaskan kepada taburan Poisson dan taburan Binomial Negatif. Ujian ini menguji kesamaan nilai min dan nilai varians yang dihasilkan oleh taburan Poisson melawan alternatif di mana nilai varians melebihi nilai min. Pengujian hipotesis ke atas serakan lampau dapat diringkaskan seperti berikut:

- a. Hipotesis:  
 $H_0: k = 0$  (tiada masalah serakan lampau)  
 $H_1: k > 0$  (wujud masalah serakan lampau)
  
- b. Statistik ujian:  
 $LR = -2[\text{LL Poisson}] - \text{LL}(\text{Binomial Negatif})$   
 di mana LR: nisbah kebolehjadian  
       LL: log fungsi kebolehjadian
  
- c. Keputusan:  
 Sekiranya  $LR > \chi^2_{(1-2\alpha, dk=1)}$  atau  $[p = Kb(X \geq LR)] < (1-2\alpha)$  maka data tersebut mempunyai masalah serakan lampau, dan seterusnya adalah mengikut taburan Binomial Negatif (Cameron & Trivedi, 1998). Taburan yang sesuai kemudiannya akan disuaikan kepada data kemalangan yang ada untuk membuat penganggaran dengan lebih tepat.

Selain daripada menggunakan ujian nisbah kebolehdjian, nilai Devians dan Khi-kuasa dua Pearson dibahagikan dengan darjah kebebasan boleh juga digunakan untuk mengesan masalah serakan dalam regresi Poisson. Nilai yang lebih besar daripada satu mengimpkasikan masalah serakan lampau manakala nilai yang lebih kecil daripada satu mengimpkasikan masalah kurang serakan. Bukti kewujudan masalah serakan lampau atau kurang serakan mengesahkan bahawa model regresi Poisson bukan suatu model penyuaian yang baik.

Statistik Wald merupakan satu kaedah statistik yang digunakan untuk menguji sama ada pemboleh ubah tak bersandar yang diambil kira dalam model yang dibentuk bererti atau sebaliknya.

Perisian Excel digunakan untuk memproses data mentah. Seterusnya, data yang telah diproses dianalisis menggunakan perisian SAS versi 8.2 untuk menghasilkan model yang sesuai.

## HASIL ANALISIS

### **Penyuaian Data kepada Taburan Poisson dan Taburan Binomial Negatif**

Penentuan taburan yang sesuai perlu dilakukan untuk membolehkan penghasilan model regresi yang sesuai. Berdasarkan Jadual 3 didapati nisbah devians/dk dan  $\chi^2$  Pearson/dk masing-masing melebihi satu apabila disuaikan kepada taburan Poisson. Ini menunjukkan wujud masalah serakan lampau dalam data kemalangan yang dikaji. Dengan itu, taburan Poisson bukan merupakan taburan yang sesuai bagi data kemalangan tersebut.

Merujuk kepada hasil analisis menggunakan taburan Binomial Negatif dalam Jadual 3 juga, didapati nisbah devians/dk dan  $\chi^2$  Pearson/dk masing-masing menghampiri nilai 1. Ini menjelaskan bahawa taburan Binomial Negatif telah dapat mengatasi masalah serakan yang berlaku dalam data kemalangan yang ada. Justeru itu, ia sesuai digunakan bagi data kemalangan yang dipertimbangkan.

Ujian terhadap nisbah kebolehdjian juga dilaksanakan untuk pengesahan kes serakan lampau dalam kajian ini. Daripada Jadual 3, nilai nisbah kebolehdjian (LR=95.5262) didapati melebihi nilai genting  $\chi^2 = 0.0158$ . Maka nilai  $k$  signifikan ( $k>0$ ) pada aras keertian 5%. Keputusan ini mengimpkasikan kewujudan masalah serakan lampau



dalam data. Ini menjelaskan bahawa taburan Binomial Negatif adalah taburan penyuaian terbaik untuk data kemalangan yang dikaji.

**Jadual 3**

Penyuaian Taburan Poisson dan Binomial Negatif bagi Kemalangan

Kriteria	Taburan kemalangan pada waktu sibuk	
	Poisson	Binomial Negatif
Devians/dk	6.1305	1.3692
$\chi^2$ Pearson/dk	5.9771	1.2111
Log kebolehhajian (LL)	577.4693	625.2324
Nisbah kebolehhajian (LR)	95.5262*	
Nilai genting	$\chi^2_{(1-(2^{*0.05}),1)} = \chi^2_{0.9,1} = 0.0158$	

\* bererti pada aras keertian 5%, dk=darjah kebebasan,  $\chi^2$  = khi kuasa dua

### Penyuaian Model bagi Hubungan antara Bilangan Kemalangan dan Pemboleh Ubah tak Bersandar

Hasil daripada Jadual 3 membenarkan proses pembentukan model dibuat berdasarkan taburan Binomial Negatif. Seterusnya, penganggaran parameter dilakukan untuk melihat faktor fizikal yang mempunyai hubungan bererti dengan bilangan kemalangan supaya model terbaik dapat dihasilkan.

Paparan maklumat dalam Jadual 4, menjelaskan bahawa pada aras keertian 0.05, pemboleh ubah lokasi stesen pencerapan isipadu trafik, jenis simpang, faktor lampu isyarat dan waktu kejadian bererti. Justeru itu, ketiga-tiga faktor tersebut mempengaruhi bilangan kemalangan yang dikaji. Jenis simpang pula didapati tidak bererti.

Analisis lanjutan menggunakan statistik Wald diperlukan untuk mengenal pasti sama ada faktor lokasi stesen pencerapan isipadu trafik benar-benar mempengaruhi bilangan kemalangan yang berlaku. Dalam analisis ini, perbandingan secara berpasangan akan dibuat bagi setiap kemungkinan pasangan lokasi stesen pencerapan isipadu trafik dan hasilnya ditunjukkan dalam Jadual 5. Hasil analisis menggunakan statistik Wald (Jadual 5) menunjukkan bahawa faktor lokasi stesen pencerapan isipadu trafik, faktor lampu isyarat dan waktu kejadian adalah faktor sepunya yang mempengaruhi bilangan kemalangan.

**Jadual 4**  
Anggaran Parameter Model

Parameter	Dk	anggaran	$\chi^2$	Pr > $\chi^2$
Pintasan	1	1.3780	11.52	0.0007*
$x_1$	1	1	2.3748	0.0001*
	2	1	-1.9523	0.0115*
	3	1	1.1981	0.0191*
	4	1	1.4392	0.0056*
	5	0	0.0000	.
$x_2$	1	0.5195	2.06	0.1514
$x_3$	1	-1.0989	10.02	0.0015*
$x_4$	1	-0.6915	4.04	0.0444*

\* bererti pada aras keertian 5%,  $\chi^2$  = khi kuasa dua

**Jadual 5**  
Statistik Wald bagi Kemalangan

Sumber	Dk	$\chi^2$	Pr > $\chi^2$
$x_1$	4	41.53	0.0001*
$x_2$	1	2.06	0.1514
$x_3$	1	10.02	0.0015*
$x_4$	1	4.04	0.0444*

\* bererti pada aras keertian 5%,  $\chi^2$  = khi kuasa dua

**Jadual 6**  
Ringkasan Hasil Pemodelan yang Dicuba

Bil.	Faktor	$\chi^2$ /dk (BN)	LL (Poisson)	LL(BN)	LR	Statistik Wald
1	$X_1, x_2$	0.8422	546.2532	619.2275	145.9486*	$x_1^*$
2	$X_1, x_3$	<b>1.1809</b>	571.5675	622.8412	<b>102.5474*</b>	$x_1^*, x_3^*$
3	$X_1, x_4$	0.7565	552.0528	620.1789	136.2522*	$x_1^*$
4	$X_1, x_2, x_3$	1.2774	571.6186	623.2663	103.2954*	$x_1^*, x_3^*$
5	$X_1, x_2, x_4$	0.8156	552.1039	620.6094	137.0110*	$x_1^*$
6	$X_1, x_3, x_4$	1.1872	577.4182	624.1799	93.5234*	$x_1^*, x_3^*$

\* bererti pada aras keertian 5%, BN = Binomial Negatif

Oleh sebab hasil dalam Jadual 5 menunjukkan faktor jenis simpang ( $x_2$ ) tidak bererti dalam gabungan model tersebut, maka gabungan untuk pembentukan model baru dicuba. Berdasarkan ringkasan perbandingan hasil dalam Jadual 6 didapati gabungan kedua model Binomial Negatif iaitu antara faktor lokasi stesen pencerapan isipadu trafik ( $x_1$ ) dan faktor lampu isyarat ( $x_3$ ) adalah paling sesuai. Gabungan tersebut menunjukkan  $\chi^2 / dk (BN) = 1.1809$  paling hampir dengan satu maka tidak wujud masalah serakan. Nilai LR yang bererti juga mengesahkan kesesuaian model tersebut.

Ringkasnya, hanya dua faktor yang mempengaruhi bilangan kemalangan di kawasan kajian iaitu lokasi stesen pencerapan isipadu trafik dan faktor lampu isyarat. Terdapat lima model regresi data kemalangan jalan raya yang dapat dibentuk secara berasingan mengikut lokasi stesen pencerapan isipadu trafik. Model-model ini dipaparkan dalam Jadual 7 di mana

$\hat{y}$  = jangkaan bilangan kemalangan dalam tempoh tiga tahun.

$x_i = x_1$  adalah lokasi stesen pencerapan isipadu trafik dan  $x_3$  adalah faktor lampu isyarat.

### Jadual 7

Himpunan Model Regresi Binomial Negatif dan Anggaran Bilangan Kemalangan

Lokasi stesen	Model Regresi Binomial Negatif	Faktor	$\hat{y}$
KR201	$\hat{y} = \exp(1.3757 + 2.1777 - 1.0253x_3)$	Ada lampu isyarat	12.5297
		Tiada lampu isyarat	34.9319
KR202	$\hat{y} = \exp(1.3757 - 1.9534 - 1.0253x_3)$	Ada lampu isyarat	0.2013
		Tiada lampu isyarat	0.5612
KR203	$\hat{y} = \exp(1.3757 + 1.2339 - 1.0253x_3)$	Ada lampu isyarat	4.8759
		Tiada lampu isyarat	13.5936
KR204, KR205	$\hat{y} = \exp(1.3757 + 1.3676 - 1.0253x_3)$	Ada lampu isyarat	5.5734
		Tiada lampu isyarat	15.4761
KR206	$\hat{y} = \exp(1.3757 - 1.0253x_3)$	Ada lampu isyarat	1.4196
		Tiada lampu isyarat	3.9578

Didapati, kemalangan berlaku paling kerap di lokasi sekitar stesen KR201 yang tidak berlampu isyarat dengan anggaran 35 kes. Stesen tersebut mencatatkan purata isipadu trafik paling tinggi iaitu 29805.67 unit. Manakala bagi kawasan berlampu isyarat pula, anggaran daripada model turut menunjukkan stesen yang sama mencatatkan kes kemalangan tertinggi iaitu sebanyak 13 kes. Stesen KR202 yang mempunyai purata isipadu trafik sederhana tinggi iaitu 15452.67 unit mencatatkan anggaran bilangan kes terendah iaitu hampir sifar sama

ada bagi kawasan berlampu isyarat ataupun tidak berlampu isyarat. Bagi stesen KR206 yang mempunyai rekod purata isipadu trafik paling rendah iaitu 4658 pula mencatatkan anggaran bilangan kes kemalangan sebanyak satu dan empat kes masing-masing bagi kawasan berlampu isyarat dan tidak berlampu isyarat.

## KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, model regresi Binomial Negatif yang terhasil menunjukkan bahawa risiko untuk berlaku kemalangan adalah paling kerap di kawasan paling tinggi isipadu (aliran) trafik dan berlampu isyarat iaitu 35 kes. Kawasan tersebut juga didapati mencatatkan rekod tertinggi bilangan kes kemalangan di jalan tidak berlampu isyarat iaitu 13 kes. Kedua-dua jalan sama ada berlampu isyarat ataupun tidak di kawasan berisipadu trafik sederhana dan terendah, masing-masing menunjukkan bilangan kes kemalangan menghampiri sifar dan kurang daripada lima kes kemalangan.

Dengan itu, pemantauan perlu diutamakan di kawasan yang tinggi aliran trafik memandangkan kemungkinan berlaku kemalangan paling kerap di kawasan tersebut. Di samping itu, sebaik mana sekalipun model yang diperoleh tidak akan memberi makna sekiranya undang-undang lalu lintas tidak dipatuhi pemandu.

## NOTA AKHIR

Projek penyelidikan ini dibiayai oleh Fakulti Sains Kuantitatif, Universiti Utara Malaysia. Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pegawai-pegawai polis daripada Cawangan Trafik, Ibu Pejabat Daerah Kubang Pasu Negeri Kedah atas kerjasama yang diberi sepanjang tempoh kajian dan rakan-rakan seperjuangan yang turut memberi sumbangan dalam memantapkan lagi penyelidikan ini.

## RUJUKAN

- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression analysis of count data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chapman, R. A., (1971). Numbers of accidents per day and times between accidents. *Traffic Engineering and Control*, 12(2), 82-84.
- Hadi, M. A., Aruldhas, J., Chow, L. F., & Wattleworth, J. A., (1993). Estimating safety effects of cross-section design for various

- highway types using negative binomial regression. *Transportation Research Record*, 1500, TRB, National Research Council, 169-177.
- Husin, C. I., (1999). *Nota Ceramah Keselamatan Jalan Raya*. Retrieved 16 May 2002, from <http://www.geocities.com/solto/Bistro/6338>.
- Ivan, J. N., & O'Mara, P. J., (1997). Prediction of traffic accident rates using poisson regression, presented in the 1997. *Transportation Research Board Meeting*, Washington, DC.
- Kamarulzaman, I., & Wan, F. W. M., (2001). *Penyuaian Taburan Bagi Data Kemalangan*. Fakulti Sains Teknologi. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Karlaftis, M. G., & Golias, I., (2002). Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis and Prevention* 34, 357-365.
- Karlaftis, M. G., & Tarko, A. P., (1998). Heterogeneity considerations in accident modeling. *Accident Analysis and Prevention*. 30(4), 425-433.
- Miaou, S. P., Hu, P. S., Wright, T., Rathi, A. K. & Davis, S. C., (1992) Relationship between truck accidents and highway geometric design: A poisson regression approach. *Transportation Research Record*, 1376, 10-18.
- Majlis Daerah Kubang Pasu, Disember (1997) *Rancangan Struktur Majlis Daerah Kubang Pasu, Kedah Darul Aman: 1991-2005*. Jilid 40.
- Polis Di Raja Malaysia. (2002). Laporan Perangkaan Kemalangan Jalan Raya Malaysia.
- Polis Di Raja Malaysia. (2002). Sistem Laporan Kemalangan Berkomputer, CARS.
- Unit Perancangan Lebuhraya. Kementerian Kerja Raya Malaysia. (1999). Road Traffic Volume Malaysia 1998.
- Wang, Y., Takahashi, K., & Saito, K., (1997). *A Study on the Fitness of Linear, Poisson and Negative Binomial Regression Models on Accident Frequency at Four-legged Signalised Intersections*. Paper presented at the 2<sup>nd</sup> Japan-China Bilateral Symposium on Safety and Environment Engineering.
- Zahavi, Y., (1962). The problem of accident distribution. *Traffic Quarterly*, 16(4), 540-548.