

PEMODELAN BANGKITAN PERGERAKAN PADA TATA GUNA LAHAN SEKOLAH DASAR SWASTA DI SURABAYA

Harry Patmadjaja, Rudy Setiawan

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil - Universitas Kristen Petra

Albert Ferdinand, Dolfianus Usboko

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil - Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Sekolah dasar merupakan salah satu lokasi yang sering mengalami masalah kemacetan lalu lintas. Hal tersebut bisa dicegah bila pemilihan lokasi sekolah dilakukan dengan mempertimbangkan perkiraan bangkitan pergerakan yang akan terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model bangkitan pergerakan (trip generation) kendaraan roda empat (pribadi dan antar jemput) akibat pembangunan sekolah dasar swasta di Surabaya.

Survey dilakukan pada delapan sekolah dasar swasta di Surabaya. Hasil survey dianalisis dengan metode Pearson Correlation, Simple Linear Regression, dan Stepwise Regression untuk mendapatkan model persamaan matematis yang paling signifikan. Distribusi laju kedatangan dan laju pelayanan dianalisa dengan metode chi square distribution fitting untuk mengetahui karakteristik laju kedatangan dan laju pelayanan kendaraan pengantar siswa.

Hasil analisa menunjukkan model terbaik untuk meramalkan pergerakan yang tertarik menuju ke sekolah dasar swasta (trip attraction) adalah $Y = -867,9 + 194.\text{Log } X_1 + 274.\text{Log } X_8 + 177.\text{Log } X_5$, dimana Y adalah jumlah kendaraan pengantar, X_1 adalah jumlah siswa sekolah dasar, X_8 adalah luas total kelas, dan X_5 adalah kapasitas kelas. Sedangkan model terbaik untuk meramalkan pergerakan yang berasal dari sekolah dasar swasta (trip production) adalah $Y = -797,2 + 311.\text{Log } X_1 + 164.\text{Log } X_8 + 79.\text{Log } X_{15}$, dimana Y adalah jumlah kendaraan penjemput, X_1 adalah jumlah siswa sekolah dasar, X_8 adalah luas total kelas, dan X_{15} adalah jumlah guru dibagi jumlah kelas. Beberapa karakteristik sekolah dasar yang mempengaruhi kelancaran lalu lintas adalah: jumlah siswa, jumlah lajur antrian, jumlah pintu masuk, dan okupansi kendaraan.

Kata kunci: model bangkitan pergerakan, sekolah dasar

ABSTRACT

Elementary School is a common location for traffic congestion especially every morning. This condition can be avoided if the elementary school planner can predict the trip generation of that school. The aim of this research is to make a mathematical model of trip generation for elementary school land use at Surabaya.

Research has been done to eight private elementary school using Pearson Correlation Analysis, Simple Regression Analysis, and Stepwise Regression Analysis to obtain the most significant trip generation model. Arrival rate and service rate distribution was analyzed using Chi-Square Distribution Fitting method to obtain arrival rate and service rate characteristic.

From the analysis, the most significant trip attraction model is $Y = -867,9 + 194.\text{Log } X_1 + 274.\text{Log } X_8 + 177.\text{Log } X_5$, in which Y is number of student vehicle, X_1 is number of elementary student, X_8 is total area of classroom, and X_5 is classroom capacity. The most significant trip production model is $Y = -797,2 + 311.\text{Log } X_1 + 164.\text{Log } X_8 + 79.\text{Log } X_{15}$, in which Y is number of student vehicle, X_1 is number of elementary student, X_8 is total area of classroom, and X_{15} is ratio between number of teacher and classroom. Several elementary school characteristics that influence traffic congestion are: number of student, number of queue lane, number of entrance, and vehicle occupancy.

Keywords: trip generation model, elementary school.

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 5 Nomor 1 September 2003.

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor pada kota besar seperti Surabaya berpotensi menimbulkan masalah kemacetan lalu lintas [1]. Untuk menghindari masalah tersebut, perlu dilakukan perencanaan transportasi yang baik pada setiap tata guna lahan.

Salah satu tempat yang rawan mengalami kemacetan adalah di sekitar lokasi sekolah dasar pada jam masuk dan pulang sekolah. Sekolah dasar umumnya tidak memiliki tempat parkir maupun tempat khusus untuk menurunkan penumpang. Hal tersebut menyebabkan kendaraan pengantar dan penjemput siswa berhenti atau parkir di badan jalan sehingga terjadi pengurangan kapasitas jalan. Akibatnya pada saat volume lalu lintas yang melalui jalan tersebut meningkat, terjadi kemacetan lalu lintas.

Kemacetan lalu lintas yang terjadi di sekitar lokasi sekolah dasar pada jam masuk dan pulang sekolah bisa dicegah apabila sebelum menentukan lokasi sebuah sekolah dasar, pihak pendiri sekolah terlebih dulu memperkirakan besarnya bangkitan pergerakan yang akan terjadi akibat pembangunan sekolah dasar.

Pengambilan data pada penelitian ini hanya dibatasi pada beberapa sekolah dasar swasta di Surabaya, dengan pertimbangan berdasarkan studi awal berupa pengamatan di lokasi terdapat perbedaan jumlah kendaraan pengantar siswa (terutama kendaraan roda empat) antara sekolah dasar swasta dan negeri.

Tujuan penelitian ini adalah:

- Membuat model bangkitan pergerakan (trip generation) kendaraan roda empat pada tata guna lahan sekolah dasar swasta di Surabaya.
- Menganalisa karakteristik laju kedatangan dan laju pelayanan kendaraan pengantar siswa sekolah dasar pada saat jam masuk sekolah.

Lalu lintas yang berasal dari dan menuju ke suatu sekolah dasar dapat diperkirakan dengan bantuan model bangkitan pergerakan, sehingga diharapkan pada saat volume lalu lintas mencapai jam puncak, yaitu pada saat jam masuk dan jam pulang sekolah, tidak sampai terjadi kemacetan lalu lintas di sekitar lokasi tersebut.

LANDASAN TEORI

Model transportasi adalah suatu model yang digunakan untuk memberikan gambaran hubungan antara tata guna lahan dengan jaringan transportasi melalui model persamaan matematis [2].

Bangkitan pergerakan (*trip generation*) adalah tahapan pemodelan transportasi yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu zona atau tata guna lahan [3].

Model bangkitan pergerakan mencakup:

- Jumlah lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi (*trip production*)
- Jumlah lalu lintas yang menuju atau tiba pada suatu lokasi (*trip attraction*)

Sejak tahun 1950, sebagian besar penelitian perencanaan transportasi menggunakan analisis regresi linear untuk meneliti bangkitan pergerakan (*trip generation*) [4].

Analisis Regresi Linear Sederhana (*Simple Linear Regression*) menyatakan hubungan antara satu variabel bebas (*independent variable*) dengan satu variabel tidak bebas (*dependent variable*) dalam satu garis lurus. Bentuk umum dari persamaan regresi linear sederhana adalah:

$$Y = a + bX + e \quad (1)$$

dimana:

Y = variabel tidak bebas (*dependent variable*)

a = intersep atau konstanta regresi

b = koefisien regresi

X = variabel bebas (*independent variable*)

e = galat (*error*) yang diasumsikan berdistribusi normal, identik dan independen.

Analisis Regresi Linier Berganda (*Linear Multiple Regression Model*) menyatakan hubungan antara satu variabel tidak bebas (*dependent variable*) dengan lebih dari satu variabel bebas (*independent variables*). Bentuk umum dari persamaan ini adalah :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m + e \quad (2)$$

dimana :

Y = variabel tidak bebas (*dependent variable*)

a = intersep atau konstanta regresi

b_1, b_2, b_m = koefisien regresi

X_1, X_2, X_m = variabel-variabel bebas (*independent variables*)

e = galat (*error*) yang diasumsikan berdistribusi normal, identik dan independen.

Untuk mendapatkan lebih banyak kandidat model persamaan matematis, digunakan persamaan-persamaan lain yang nonlinear tetapi bisa ditransformasikan menjadi persamaan linear [5]. Persamaan-persamaan antara lain tersebut seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Transformasi Persamaan Non Linear Menjadi Linear [5]

Nonlinear model	Transformation	Transformed Model
$y = ae^{bx}$	$y' = \ln y \quad x' = x$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = \ln a \quad \beta = b$
$y = ax^b$	$y' = \ln y \quad x' = \ln x$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = \ln a \quad \beta = b$
$y = \frac{1}{a + bx}$	$y' = \frac{1}{y} \quad x' = x$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = a \quad \beta = b$
$y = \frac{1}{(a + bx)^2}$	$y' = \frac{1}{\sqrt{y}} \quad x' = x$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = a \quad \beta = b$
$\frac{1}{y} = a + \frac{1}{1+x}$	$y' = \frac{1}{y} \quad x' = \frac{1}{1+x}$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = a \quad \beta = b$
$y = a + b\sqrt{x}$	$y' = y \quad x' = \sqrt{x}$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = a \quad \beta = b$
$y = a + b \log x$	$y' = y \quad x' = \log x$	$y' = \alpha + \beta x' \quad \alpha = a \quad \beta = b$

METODOLOGI PENELITIAN

Survey dilakukan pada delapan sekolah dasar swasta terpilih di Surabaya, yaitu:

- SD Intan Permata Hati (IPH);
- SDK Katarina I;
- SDK Petra V (Petra Galaksi);
- SDK Petra IX (Petra Jemur);
- SDK Petra I (Petra W.R. Supratman);
- SDK St. Carolus;
- SDK. St. Clara;
- SDK. St. Maria.

Data primer yang dibutuhkan adalah data jumlah kendaraan roda empat pribadi dan kendaraan antar jemput yang berhenti untuk menurunkan penumpang di dalam daerah pengamatan (*catchment area*) dan data durasi waktu saat kendaraan tiba di daerah pengamatan sampai saat kendaraan meninggalkan daerah pengamatan. Data primer diperoleh dengan melakukan survey selama satu hari pada setiap sekolah. Hari survey dipilih saat siswa menggunakan seragam nasional (bukan seragam khusus sekolah tersebut) sehingga mudah dibedakan dengan siswa sekolah yang sama tetapi dari tingkat yang lain (TK, SMP, SMA).

Data sekunder yang diperoleh dari pihak sekolah yaitu:

- X_1 = jumlah siswa (orang);
- X_2 = jumlah guru (orang);
- X_3 = luas sekolah (100 m^2);
- X_4 = total kelas paralel (kelas) [total kelas 1 s/d kelas 6];
- X_5 = kapasitas kelas (orang);

- X_6 = jumlah ruangan kelas (ruang);
- X_7 = luas kelas (m^2);
- X_8 = total luas kelas dalam sekolah (100 m^2).

Berdasarkan data sekunder tersebut dapat dihasilkan kandidat variabel bebas yang lebih banyak, sehingga memperbesar kemungkinan untuk mendapatkan model yang relatif lebih akurat. Kandidat variabel bebas yang diperoleh dari data sekunder adalah:

- X_9 = perbandingan jumlah siswa dengan jumlah guru;
- X_{10} = perbandingan jumlah siswa dengan luas sekolah (orang/ 100 m^2);
- X_{11} = perbandingan jumlah siswa dengan total luas kelas (orang/ 100 m^2);
- X_{12} = perbandingan jumlah siswa dengan total kelas paralel (orang/kelas);
- X_{13} = perbandingan jumlah guru dengan luas sekolah (orang/ 100 m^2);
- X_{14} = perbandingan jumlah guru dengan total luas kelas (orang/ 100 m^2);
- X_{15} = perbandingan jumlah guru dengan total kelas paralel (orang/kelas);
- X_{16} = perbandingan total luas kelas dengan luas sekolah.

Untuk mencari model regresi yang terbaik, data tersebut dianalisa dengan uji *Pearson Correlation*, Regresi Sederhana (*Simple Regression*), dan Regresi Bertatar (*Stepwise Regression*) [6] dengan bantuan software Minitab®.

Data waktu kedatangan dan durasi waktu menurunkan penumpang, dianalisa dengan menggunakan uji *Chi-Square distribution fitting* [5] dengan bantuan software Statgraphics®, untuk mencari pola distribusi laju kedatangan dan laju pelayanan.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil survey pada delapan sekolah dasar swasta di Surabaya menunjukkan jumlah *trip attraction* dan *trip production* kendaraan roda empat seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Survey *Trip Attraction* dan *Trip Production*

No.	Nama sekolah	<i>Trip Attraction</i> (mobil / interval waktu pengamatan)	<i>Trip Production</i> (mobil / interval waktu pengamatan)
1	Intan Permata Hati	105	110
2	Katarina I	97	126
3	Petra Galaxi	343	352
4	Petra Jemur	297	328
5	Petra W.R. Supratman	248	274
6	St. Carolus	266	283
7	St. Clara	287	312
8	St. Maria	271	295

Data sekunder sebagai variabel bebas yang diperoleh dari pihak sekolah seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Bebas

No.	Nama sekolah	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1	Intan Permata Hati	138	27	9.00	8	30	8	43	3.44
2	Katarina I	324	20	36.96	9	42	9	56	5.04
3	Petra Galaxi	861	40	90.00	21	42	24	81	19.44
4	Petra Jemur	995	38	70.50	24	42	24	51	12.24
5	Petra W.R.Supratman	736	29	27.08	18	42	18	54	9.72
6	St.Carolus	901	21	36.78	21	44	17	56	9.52
7	St.Clara	918	33	29.97	18	54	18	54	9.72
8	St.Maria	897	29	18.70	18	50	18	54	9.72

Data variabel bebas turunan yang merupakan hasil perbandingan variabel bebas pada Tabel 3, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Variabel Bebas Turunan

No.	Nama sekolah	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
1	Intan Permata Hati	5.11	15.33	40.12	17.25	3.00	7.85	3.38	0.38
2	Katarina I	16.20	8.77	64.29	36.00	0.54	3.97	2.22	0.14
3	Petra Galaxi	21.53	9.57	44.29	41.00	0.44	2.06	1.90	0.22
4	Petra Jemur	26.18	14.11	81.29	41.46	0.54	3.10	1.58	0.17
5	Petra W.R.Supratman	25.38	27.18	75.72	40.89	1.07	2.98	1.61	0.36
6	St.Carolus	42.90	24.50	94.64	42.90	0.57	2.21	1.00	0.26
7	St.Clara	27.82	30.63	94.44	51.00	1.10	3.40	1.83	0.32
8	St.Maria	30.93	47.97	92.28	49.83	1.55	2.98	1.61	0.52

Berdasarkan data pada Tabel 2 - 4, kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan model persamaan matematis yang dapat memperkirakan *trip attraction* dan *trip production* pada sekolah dasar secara signifikan. Kriteria dari suatu model persamaan matematis yang baik harus memenuhi syarat antara lain:

- Nilai koefisien determinasi, $R^2 \approx 1$;
- Nilai *Significance Probability*, $P\text{-value} \leq 0,05$;
- Jumlah variabel bebas yang digunakan relatif memadai;
- Tanda (positif atau negatif) pada variabel bebas dapat diterima oleh logika;
- Variabel bebas dalam persamaan regresi tidak berkorelasi satu sama lain (*Pearson Correlation* ≈ 0 dan $P\text{-value} \leq 0,05$);
- Selisih antara nilai variabel tidak bebas (Y) hasil survey dengan hasil pemodelan $\leq 5\%$.

Setelah dilakukan analisa regresi terhadap data hasil survey, ternyata belum dapat diperoleh persamaan matematis yang baik sesuai dengan kriteria pada bagian sebelumnya. Sehingga dilakukan analisa lebih lanjut terhadap kedelapan sampel untuk mengetahui sampel manakah yang sebaiknya dikeluarkan (tidak dipakai) sehingga sebagian besar nilai standar deviasi pada setiap variabel bebas menjadi relatif lebih kecil seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Standar Deviasi Antara Delapan Sampel Dengan Tujuh Sampel

Variabel Bebas		Standar Deviasi	
		Delapan Sekolah (termasuk IPH)	Tujuh Sekolah (tanpa IPH)
Jumlah Siswa (orang)	X ₁	315.00	225.76
Jumlah Guru (orang)	X ₂	7.21	7.7
Luas Sekolah (100m ²)	X ₃	27.08	25.96
Total Kelas Paralel (kelas)	X ₄	5.72	4.72
Kapasitas Kelas (orang)	X ₅	7.01	4.88
Jumlah Ruangan Kelas (ruang)	X ₆	5.93	5.06
Luas Kelas (m ²)	X ₇	10.89	10.28
Luas Total Kelas (100m ²)	X ₈	4.81	4.38

Berdasarkan perbandingan tersebut diputuskan untuk mengeluarkan SD IPH (karena karakteristik agak berbeda dengan SD yang lain) dari sampel dengan harapan diperoleh model matematis yang lebih baik pada saat dilakukan analisa regresi.

Sehingga disimpulkan bahwa model persamaan matematis yang dihasilkan hanya dapat dipakai untuk memperkirakan *trip production* dan *trip attraction* pada sekolah dasar swasta yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Kegiatan belajar mengajar secara umum dilakukan pada hari Senin sampai dengan hari Sabtu;
- Sekolah masuk pada jam 6.45-7.15;
- Jam pulang sekolah untuk kelas I dan II pada jam 10.30-11.30;
- Jam pulang sekolah untuk kelas III sampai kelas VI pada jam 12.30-13.30.

Pemodelan *Trip Attraction*

Berdasarkan analisa regresi yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kandidat model persamaan matematis yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya pergerakan yang menuju ke sekolah dasar seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandidat Model *Trip Attraction*

No	Model Persamaan Matematis	R ²
1	$Y = -1,879 + 14,2.X_6$	86,75 %
2	$Y = 7,055 + 0,312.X_1$	83,29 %
3	$Y = -10,887 + 0,226.X_1 + 8,2.X_8$ (0,603)* (0,001)* (0,004)*	98,21 %
4	$Y = 59,2.e^{0,00176.X_1}$	89,01 %
5	$Y = 0,237.X_1^{1,044}$	93,46 %
6	$Y = \frac{1}{0,01326 - 0,00001.X_1}$	90,46 %
7	$Y = \frac{1}{(0,1203 - 0,00007.X_1)^2}$	90,21 %
8	$\frac{1}{Y} = -3,65.10^{-4} + \frac{3,44}{1 + X_1}$ (0,348)* (0,000)*	97,92 %
9	$Y = -231,8 + 116 \sqrt{X_6}$	90,63 %
10	$Y = -388,5 + 519.\log X_6$	93,60 %
11	$Y = -975,1 + 428.\log X_1$	87,43 %
12	$Y = -668 + 239.\log X_1 + 238.\log X_8$ (0,001)* (0,002)* (0,002)*	99,13 %
13	$Y = -867,9 + 194.\log X_1 + 274.\log X_8 + 177.\log X_5$ (0,001)* (0,003)* (0,001)* (0,035)*	99,84 %

(*) = P-value

Dari Tabel 6 diperoleh empat persamaan dengan nilai $R^2 > 95\%$, untuk memilih persamaan terbaik dilakukan perbandingan dengan kriteria seleksi [5]:

- Nilai *Sum of Squares due to Error* (SSE) terkecil;
- Nilai *Root Mean of Squares due to Error* (RMSE) terkecil,;
- Nilai selisih antara hasil survey dengan hasil pemodelan $\leq 5\%$.

Berdasarkan kriteria seleksi tersebut diperoleh model terbaik yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya pergerakan yang menuju ke sekolah dasar adalah:

$$Y = -867,9 + 194.\text{Log}X_1 + 274.\text{Log}X_8 + 177.\text{Log}X_5 \quad (3)$$

dimana:

Y = jumlah kendaraan pengantar siswa sekolah dasar (mobil/interval waktu pengamatan)

X_1 = jumlah siswa Sekolah Dasar (orang)

X_8 = luas total kelas (100 m²)

X_5 = kapasitas kelas (orang)

Tabel 7. Perbandingan *Trip Attraction* Antara Hasil Survey Dengan Model Terbaik

No	Nama Sekolah	Jumlah Kendaraan		Selisih Jumlah Kendaraan	Selisih Kendaraan %
		Survey	Model		
1	Katarina I	97	99	1.78	1.83
2	Petra Galaxi	343	342	-1.21	0.35
3	Petra Jemur	297	299	1.85	0.62
4	Petra W.R.Supratman	248	246	-1.97	0.80
5	St.Carolus	266	264	-1.85	0.70
6	St.Clara	287	284	-3.04	1.06
7	St.Maria	271	276	5.09	1.88
		SSE	50.50	MAKSIMUM	1.88
		RMSE	7.11	RATA-RATA	1.03

Pemodelan *Trip Production*

Berdasarkan analisa regresi yang telah dilakukan diperoleh beberapa kandidat model persamaan matematis yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya pergerakan yang berasal dari sekolah dasar seperti terlihat pada Tabel 8.

Berdasarkan kriteria seleksi *SSE*, *RMSE*, dan selisih $\leq 5\%$ terhadap persamaan pada Tabel 8, diperoleh model terbaik yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya pergerakan yang berasal dari sekolah dasar adalah:

$$Y = -797,2 + 311.\text{Log}X_1 + 164.\text{Log}X_8 + 79.\text{Log}X_{15} \quad (4)$$

dimana :

Y = jumlah kendaraan penjemput siswa sekolah dasar (mobil/interval waktu pengamatan)

X_1 = jumlah siswa (orang)

X_8 = luas total kelas (100m²)

X_{15} = jumlah guru dibagi jumlah kelas (orang/kelas)

Tabel 8. Kandidat Model *Trip Production*

No	Model Persamaan Matematis	R ²
1	$Y = 31,13 + 13,7.X_6$	88,50 %
2	$Y = -129,15 + 12,6.X_6 + 4,2.X_{12}$ (0,071)* (0,001)* (0,028)*	97,02 %
3	$Y = 36,94 + 0,304.X_1$	86,93 %
4	$Y = 22,14 + 0,232.X_1 + 6,7.X_8$ (0,304)* (0,001)* (0,008)*	98,12 %
5	$Y = 83,35.e^{0,00146.X_1}$	90,47 %
6	$Y = 0,885.X_1^{0,862}$	94,62 %
7	$Y = \frac{1}{-0,01 - 0,00001.X_1}$	91,19 %
8	$Y = \frac{1}{(0,1036 - 0,00005.X_1)^2}$	91,09 %
9	$\frac{1}{Y} = 5,784.10^{-4} + \frac{2,378}{1 + X_1}$ (0,067)* (0,000)*	97,84 %
10	$\frac{1}{Y} = 1,256.10^{-3} + \frac{2,451}{1 + X_1} - \frac{0,058}{1 + X_{11}}$ (0,003)* (0,000)* (0,014)*	99,60 %
11	$Y = -190,2 + 111,4 \sqrt{X_6}$	92,52 %
12	$Y = -447,3 + 101,8 \sqrt{X_6} + 45 \sqrt{X_{12}}$ (0,007)* (0,000)* (0,037)*	97,96 %
13	$Y = -341,5 + 500.\log X_6$ (0,002)* (0,000)*	95,74 %
14	$Y = -913,1 + 414.\log X_1$	90,45 %
15	$Y = -662,2 + 260.\log X_1 + 194.\log X_8$ (0,001)* (0,001)* (0,004)*	99,06 %
16	$Y = -797,2 + 311.\log X_1 + 164.\log X_8 + 79.\log X_{15}$ (0,001)* (0,001)* (0,003)* (0,041)*	99,81 %

(*) = P-value

Tabel 9. Perbandingan *Trip Production* Antara Hasil Survey Dengan Model Terbaik

No	Nama Sekolah	Jumlah Kendaraan		Selisih Jumlah Kendaraan	Selisih Kendaraan %
		Survey	Model		
1	Katarina I	126	129	3.41	2.70
2	Petra galaksi	352	352	0.35	0.10
3	Petra Jemur	328	333	4.63	1.41
4	Petra W.R.Supratman	274	276	2.06	0.75
5	St.Carolus	283	286	2.60	0.92
6	St.Clara	312	310	-1.66	0.53
7	St.maria	295	303	7.79	2.64
		SSE	107.58	MAKSIMUM	2.70
		RMSE	10.37	RATA-RATA	1.29

Pola Distribusi Laju Kedatangan dan Laju Pelayanan

Pola distribusi laju kedatangan dan laju pelayanan kendaraan pengantar pada setiap sekolah dianalisa dengan menggunakan uji *Chi-Square* melalui *Distribution Fitting* dengan kriteria seleksi $Chi_{hitung} \leq Chi_{tabel}$ dan *Significant Level* ≥ 0 [5].

Dari analisa tersebut diperoleh satu pola distribusi laju kedatangan dan satu pola distribusi laju pelayanan terbaik untuk setiap sekolah yang mempunyai *Significant Level*

terbesar seperti terlihat pada Tabel 10. Pola distribusi pada Tabel 10 dapat dipergunakan untuk melakukan simulasi antrian kedatangan kendaraan pengantar.

Tabel 10. Pola Distribusi Laju Kedatangan Dan Laju Pelayanan Terbaik Untuk Setiap Sekolah

Nama Sekolah	Laju Kedatangan		Laju Pelayanan	
	Pola Distribusi	Signifikan level	Pola Distribusi	Signifikan level
Petra Galaxi	Geometric	0.863	Lognormal	0.364
Petra Jemursari	Geometric	0.469	Lognormal	0.169
Petra WR Supratman	Geometric	0.058	Lognormal	0.310
Intan Permata Hati	Negative Binomial	0.284	Lognormal	0.553
St. Carolus	Geometric	0.202	Lognormal	0.610
St. Clara	Geometric	0.135	Erlang	0.687
St. Maria	Geometric	0.239	Lognormal	0.442
St. Katarina I	Geometric	0.062	Geometric	0.231

Analisa Lalulintas Kendaraan Pengantar

Dalam penelitian ini juga dibandingkan karakteristik lalulintas kendaraan pengantar empat sekolah dengan *trip attraction* terbesar, pada pintu masuk terpadat di setiap sekolah. Hal tersebut dilakukan karena adanya perbedaan kelancaran lalulintas pada keempat sekolah dengan *trip attraction* yang sama besar. Hasil survey dan perhitungan seperti terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Karakteristik Kendaraan Pengantar di Pintu Masuk Terpadat

Parameter	Petra Galaksi	Petra W.R. Supratman	St. Carolus	St. Maria
Total Jml. mobil pengantar siswa (mobil)	343	248	266	271
Jml. mobil di pintu terpadat (mobil)	250	230	170	151
Persentase Jml.mobil di pintu terpadat terhadap Jml.mobil total	72,88 %	92,74 %	63,90 %	55,72 %
Jml.lajur untuk mengantri (lajur)	2	2	1	2
Jml. Siswa yg turun di pintu utama (siswa)	465	344	492	236
Rata-rata okupansi kendaraan (siswa/mobil)	1,84	1,50	2,76	1,56
Rata-rata durasi waktu menurunkan semua penumpang detik/mobil)	13,1	17,5	14,5	22,5
Rata-rata durasi waktu menurunkan satu siswa (detik/siswa)	7,1	16,1	5,2	14,4

Dari Tabel 11. terlihat bahwa rata-rata durasi waktu menurunkan semua penumpang per mobil, S.D. Petra Galaksi tercepat dengan waktu 13,1 detik/mobil. Sedangkan di S.D. St. Carolus membutuhkan waktu 14,5 detik/mobil.

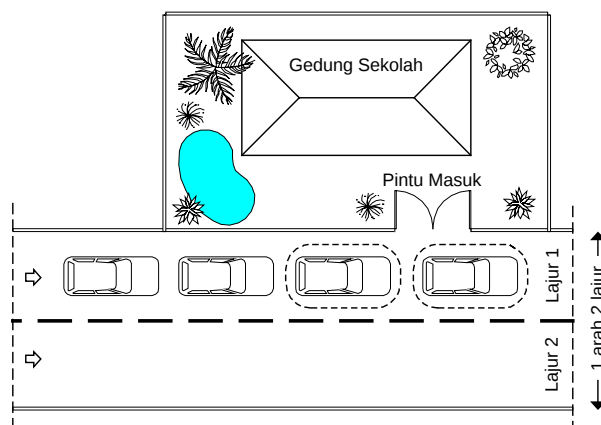
Tetapi setelah memperhitungkan rata-rata okupansi mobil setiap sekolah, rata-rata durasi waktu menurunkan satu siswa paling cepat

terjadi di S.D. St. Carolus yaitu 5,2 detik/siswa. Sedangkan pada S.D. Petra Galaksi waktu untuk menurunkan penumpang adalah 7,1 detik/siswa.

Hal tersebut mengindikasikan bahwa S.D. St. Carolus mempunyai nilai okupansi kendaraan pengantar terbesar namun relatif membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk menurunkan siswa dibanding ketiga S.D. yang lain.

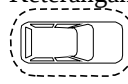
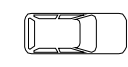
Berdasarkan pengamatan di lokasi, waktu menurunkan penumpang di S.D. St. Carolus adalah tercepat karena beberapa hal sebagai berikut:

1. Lajur untuk menurunkan penumpang di S.D. St. Carolus hanya satu dan tepat di depan sekolah (bukan di seberang sekolah) sehingga kendaraan bisa bergerak lancar tanpa terhalang oleh siswa yang menyeberang jalan.(Gambar 1).



Gambar 1. Antrian Satu Lajur Pada Ruas Jalan Satu Arah Dua Lajur

Keterangan:

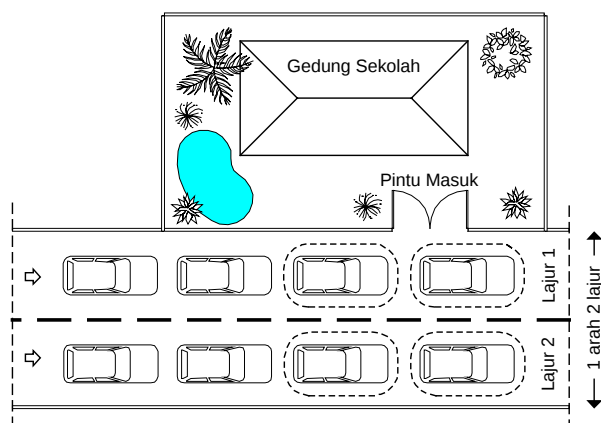
-  = kendaraan pengantar sedang menurunkan siswa
-  = kendaraan pengantar sedang antri

2. Jalan di depan S.D. St.Carolus memungkinkan kendaraan di belakang untuk mendahului kendaraan di depannya bila kendaraan di depan belum selesai menurunkan penumpang sedangkan kendaraan di belakang telah lebih dulu selesai menurunkan penumpang. Dengan kondisi tersebut maka banyak kendaraan mau menurunkan penumpang pada jarak agak jauh dari pintu masuk sehingga kendaraan tersebut bisa langsung berangkat tanpa menunggu kendaraan di depannya (Gambar 1).
3. Okupansi siswa dalam kendaraan S.D. St. Carolus cukup tinggi. Dengan okupansi yang

tinggi, jumlah kendaraan pengantar menjadi relatif lebih sedikit untuk mengantar jumlah siswa yang sama banyak.

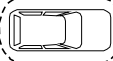
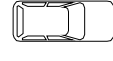
Dari pengamatan dan analisa berdasarkan Tabel 11 diketahui beberapa hal yang dapat mengurangi kelancaran arus kendaraan pengantar yaitu :

1. Lebar jalan tidak memungkinkan untuk mendahului. Hal tersebut menyebabkan pengemudi menurunkan penumpang tepat di depan pintu masuk. Karena walaupun kendaraan tersebut telah menurunkan penumpang sebelum pintu masuk, kendaraan tersebut tetap tidak bisa meninggalkan daerah antrian karena kendaraan terhambat oleh kendaraan lain di depannya yang belum menurunkan penumpang (Gambar 2).



Gambar 2. Antrian Dua Lajur Pada Ruas Jalan Satu Arah Dua Lajur

Keterangan

-  = kendaraan pengantar sedang menurunkan siswa
 = kendaraan pengantar sedang antri

2. Terjadinya antrian pada dua lajur seperti terlihat pada Gambar 2 menyebabkan terganggunya arus kendaraan pada lajur 1, karena siswa yang turun pada lajur 2 harus menyeberangi lajur 1 untuk menuju pintu masuk.
3. Jumlah pintu masuk yang kurang banyak dan tersebar, sehingga tidak terjadi penyebaran antrian kendaraan pengantar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan *Trip Attraction* dan *Trip Production*

Pada model *trip attraction* yaitu $Y = -867,9 + 194.\text{Log } X_1 + 274.\text{Log } X_8 + 177.\text{Log } X_5$ dan model *trip production* yaitu $Y = -797,2 + 311.\text{Log } X_1 +$

$164.\text{Log } X_8 + 79.\text{Log } X_{15}$ pada tata guna lahan sekolah dasar swasta ternyata memiliki variabel utama jumlah siswa (X_1) dan luas total kelas (X_8). Hal tersebut mengindikasikan bahwa besarnya pergerakan yang tertarik menuju dan berasal dari sekolah dasar swasta di Surabaya sangat dipengaruhi oleh jumlah siswa dan luas total kelas sekolah tersebut

Lalulintas Kendaraan Pengantar Di Tiap-Tiap Sekolah

Berdasarkan hasil analisa, disimpulkan bahwa terdapat beberapa karakteristik sekolah dasar yang akan mempengaruhi kelancaran lalulintas kendaraan pengantar siswa, yaitu :

- Jumlah siswa
Jumlah siswa suatu sekolah dasar mempengaruhi jumlah *trip generation* pada tata guna lahan sekolah dasar. Hal ini dapat dilihat dari model-model persamaan *trip attraction* pada Tabel 6 maupun *trip production* pada Tabel 8 selalu terdapat variabel jumlah siswa ataupun variabel yang mengandung unsur jumlah siswa. Jumlah siswa yang sedikit, relatif akan menimbulkan *trip attraction* dan *trip production* yang lebih kecil.
- Jumlah lajur antrian
Antrian dengan dua lajur tidak memperpendek antrian menjadi setengah dari panjang antrian dengan satu lajur, karena pada antrian dua lajur terdapat hambatan pergerakan mobil yang diakibatkan oleh siswa yang menyeberang sehingga laju pelayanan untuk setiap mobil menjadi relatif lebih lama.
- Jumlah pintu masuk
Jumlah pintu masuk yang banyak, dengan jarak yang relatif berjauhan akan mengurangi kemacetan karena terjadi penyebaran antrian kendaraan.
- Okupansi kendaraan
Dengan okupansi kendaraan yang lebih tinggi maka dapat digunakan kendaraan yang lebih sedikit untuk mengantar siswa dengan jumlah yang sama.

Saran

Berdasarkan pengalaman dalam penelitian ini, maka pada penelitian lain yang sejenis, disarankan untuk memasukkan variabel-variabel yang berkaitan dengan biaya sekolah sebagai variabel bebas untuk membuat model *trip attraction* dan *trip production* pada tata guna lahan sekolah dasar. Variabel-variabel yang diusulkan adalah:

- uang sumbangan masuk pada setiap sekolah;
- uang sekolah setiap bulan.

Walaupun mungkin variabel tersebut relatif sulit diperoleh secara akurat dan lengkap, namun diduga terdapat korelasi yang cukup besar antara pemilihan mobil sebagai kendaraan untuk mengantar atau menjemput siswa dengan kondisi sosial ekonomi siswa tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik, <http://www.bps.go.id/statbysector/transport/> (14 Jan 2002).
2. Kamarwan, S. S., *Sistem Transportasi*, Gunadarma, Jakarta, 1997.
3. Tamin, O. Z., *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*, edisi ke-2, Penerbit ITB, Bandung, 2000.
4. Stopher, P. R. & Mc. Donald, K. G., *Trip Generation by Cross-Classification: An Alternative Methodologi. Transportation Forecasting: Analysis and Quantitative Methods*, 1983.
5. Bhattacharyya, G. K. & Johnson, R. A., *Statistics Concepts and Methods*, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, 1996.
6. Draper, Norman., dan Smith, Harry., *Analisis Regresi Terapan*, 2nd ed., PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992.