

STUDI PENETAPAN NILAI EMP DENGAN METODE RASIO HEADWAY DAN ANALISA REGRESI LINIER

Anna Gabriella Palilingan

Sisca V. Pandey, Audie L.E. Rumayar

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: anna_gabriella@rocketmail.com

ABSTRAK

Komposisi kendaraan pada arus lalu lintas di tiap ruas-ruas jalan sangat beraneka ragam. Maka perlu faktor konversi berbagai jenis kendaraan yang membandingkan kendaraan ringan/mobil penumpang dengan jenis kendaraan lainnya. Selain itu, masing-masing ruas jalan memiliki karakteristik lalu lintas dan kondisi geometri yang berbeda-beda yang tentunya akan mempengaruhi nilai dari faktor konversi yang dinamakan nilai ekivalensi mobil penumpang. Di samping itu, nilai EMP yang dipakai mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Namun, mengingat kondisi arus lalu lintas yang berbeda-beda pada setiap daerah, maka nilai EMP yang diberikan oleh MKJI 1997 belum tentu sesuai untuk setiap daerah tersebut. Karena alasan tersebut, dilakukan penelitian nilai EMP pada dua ruas jalan di Kota Manado di antaranya adalah Jalan A.A. Maramis dan Jalan R.W. Monginsidi.

Sejauh ini telah banyak metode penelitian untuk mendapatkan nilai EMP. Pada penelitian ini, pengolahan data menggunakan dua metode berbeda, yakni metode rasio headway dan analisa regresi linier. Sesuai namanya, metode rasio headway didapatkan dari pengolahan data headway, yaitu dengan cara melakukan pengukuran waktu antara bumper depan kendaraan depan dengan bumper depan kendaraan yang berada di belakangnya melewati batas headway. Dan untuk metode analisis regresi linier, nilai ekivalensi mobil penumpang didapat dari hasil analisis dan perhitungan data arus dan komposisi lalu lintas menggunakan pendekatan statistik dan matematik. Dari kedua metode ini, nantinya akan didapatkan nilai EMP kendaraan berat (heavy vehicle) dan sepeda motor (motorcycle) yang kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai EMP yang terdapat pada MKJI 1997.

Berdasarkan hasil penelitian, pada ruas jalan Bahu dengan menggunakan metode rasio headway didapat nilai EMP untuk sepeda motor dan kendaraan berat masing-masing bernilai 0,81 dan 1,90 dan dengan menggunakan analisa regresi linier nilai EMP yang didapat adalah 0,67 untuk sepeda motor dan 3,39 untuk kendaraan berat. Dan pada lokasi penelitian di Kairagi, nilai EMP yang diperoleh dengan menggunakan metode rasio headway adalah 0,69 untuk sepeda motor dan 0,3 untuk kendaraan berat. Dan dengan analisa regresi linier nilai EMP masing-masing untuk sepeda motor dan kendaraan berat adalah 0,24 dan 1,47.

Terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan nilai EMP yang diberikan MKJI 1997. Perbedaan ini terjadi akibat perubahan kondisi di lapangan, seperti peningkatan jumlah kendaraan di jalan dan perubahan keadaan sekitar di jalan. Perlu suatu adanya kalibrasi terhadap nilai EMP dari hasil perhitungan dan EMP pada MKJI 1997.

Kata kunci: EMP, rasio headway, regresi linier, ruas jalan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada perencanaan geometrik jalan raya, kapasitas jalan dihitung berdasarkan volume lalu lintas yang terdiri dari berbagai macam jenis kendaraan yang kemudian dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp).

Faktor konversi dari berbagai jenis kendaraan menjadi satuan mobil penumpang disebut ekivalensi mobil penumpang (EMP). Ekivalensi kendaraan dengan mobil penumpang tergantung pada besar dan kecepatan kendaraan

yang nilainya akan mempengaruhi kinerja jalan. Masing-masing ruas jalan memiliki karakteristik lalu lintas dan kondisi geometri meliputi lebar jalan, jumlah jalur serta kelandaian jalan. Hal tersebut mempengaruhi nilai EMP. Nilai EMP juga berbeda untuk setiap bagian jalannya, misalnya nilai EMP pada simpang akan berbeda dengan nilai EMP ruas jalan.

Perhitungan kapasitas jalan di Indonesia, nilai EMP yang dipakai mengacu pada Manual Kapasitas Jalan di Indonesia (MKJI) 1997, di mana nilai EMP untuk kendaraan ringan 1,0, sepeda motor sebesar 0,5 dan kendaraan berat 1,3.

Pada dasarnya, setiap ruas jalan memiliki karakteristik yang berbeda yang juga mengakibatkan perbedaan nilai EMP. Mengingat kondisi arus lalu lintas yang berbeda-beda pada setiap daerah, maka nilai EMP yang diberikan oleh MKJI 1997 tersebut belum tentu sesuai dengan nilai EMP pada ruas jalan di Kota Manado. Karena alasan tersebut, dilakukan penelitian nilai EMP pada ruas Jalan A.A. Maramis dan Jalan R.W. Monginsidi (di depan Freshmart Bahu) yang dinilai mampu menjadi contoh keadaan lalu lintas pada jalan raya di Kota Manado.

Rumusan Masalah

Menentukan nilai EMP *motorcycle* (MC) dan nilai EMP *heavy vehicle* (HV) pada ruas Jalan A.A. Maramis dan Jalan R.W. Monginsidi (di depan Freshmart Bahu) berdasarkan perhitungan metode rasio *headway* dan analisa regresi linier.

Pembatasan Masalah

- a) Penelitian dilakukan pada ruas Jalan A.A. Maramis dan Jalan R.W. Monginsidi (di depan Freshmart Bahu).
- b) Penelitian dilakukan selama satu hari dari hari Senin 3 Juli 2017 berdasarkan survey pendahuluan.
- c) Kendaraan tak bermotor (unmotorized) dianggap sebagai hambatan samping..

Tujuan Penulisan.

Mengetahui nilai EMP pada ruas jalan ruas Jalan A.A. Maramis dan Jalan R.W. Monginsidi (di depan Freshmart Bahu) dengan metode rasio *headway* dan analisa regresi linier dan membandingkan nilai EMP hasil penelitian dengan nilai EMP dalam MKJI 1997.

Manfaat Penulisan

Penelitian ini diharapkan menjadi sebuah alternatif jika nilai EMP berdasarkan metode MKJI tidak sesuai dengan kondisi yang ada dan dapat digunakan dalam perencanaan maupun peningkatan kinerja ruas jalan di Kota Manado.

LANDASAN TEORI

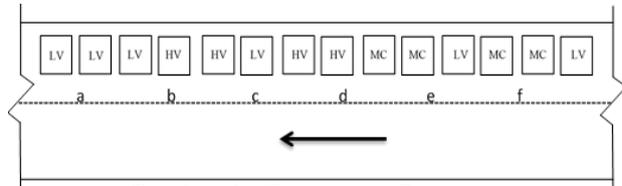
Perhitungan Nilai EMP Kendaraan

Metode Rasio *Headway*

Berdasarkan *Traffic Control Systems Handbook*, *headway* adalah waktu antara di antara

kendaraan yang berurutan, biasanya pada suatu lajur di jalan raya.

Rasio *headway* yang diperlukan mencakup 7 macam kombinasi kendaraan, yaitu: a. LV diikuti LV; b. LV diikuti HV; c. HV diikuti LV; d. HV diikuti HV; e. MC diikuti MC; f. LV diikuti MC; g. MC diikuti LV. Seperti dapat dilihat dalam gambar 1. berikut:



Gambar 1. Kombinasi Pasangan Kendaraan yang Ditinjau

Keterangan:

- LV = Light Vehicle / kendaraan ringan
- HV = Heavy Vehicle / kendaraan besar
- MC = Motor Cycle / sepeda motor
- a = pencatatan time headway antara Light Vehicle dengan Light Vehicle yang berurutan
- b = pencatatan time headway antara Light Vehicle dengan Heavy Vehicle yang berurutan
- c = pencatatan time headway antara Heavy Vehicle dengan Light Vehicle yang berurutan
- d = pencatatan time headway antara Heavy Vehicle dengan Heavy Vehicle yang berurutan
- e = pencatatan time headway antara Motor Cycle dengan Motor Cycle yang berurutan
- f = pencatatan time headway antara Light Vehicle dengan Motor Cycle yang berurutan
- g = pencatatan time headway antara Motor Cycle dengan Light Vehicle yang berurutan

Nilai EMP dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$ta + td = tb + tc \tag{1}$$

dengan

- ta = nilai rata-rata time headway LV diikuti LV
- tb = nilai rata-rata time headway LV diikuti HV
- tc = nilai rata-rata time headway HV diikuti LV
- td = nilai rata-rata time headway HV diikuti HV

Keadaan yang dapat memenuhi persamaan di atas sulit diperoleh karena tiap kendaraan mempunyai karakteristik yang berbeda. Demikian juga pengemudi memiliki kemampuan yang

berbeda dalam mengemudi. Oleh karena itu, diperlukan koreksi terhadap nilai rata-rata *time headway* sebagai berikut:

$$\left[ta - \frac{k}{na}\right] + \left[td - \frac{k}{nd}\right] = \left[tb + \frac{k}{nb}\right] + \left[tc + \frac{k}{nc}\right] \quad (2)$$

$$k = \frac{na.nb.nc.nd.[ta+td-tc-tc]}{nd.nb.nc+na.nb.nc+na.nd.nc+na.nd.nb} \quad (3)$$

dengan:

na = jumlah data *time headway* LV diikuti LV
 nb = jumlah data *time headway* LV diikuti HV
 nc = jumlah data *time headway* HV diikuti LV
 nd = jumlah data *time headway* HV diikuti HV

Selanjutnya, nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi sebagai berikut:

$$ta_k = ta - \frac{k}{na} \quad (4a)$$

$$tb_k = tb - \frac{k}{nb} \quad (4b)$$

$$tc_k = tc - \frac{k}{nc} \quad (4c)$$

$$td_k = td - \frac{k}{nd} \quad (4d)$$

Dengan menggunakan nilai rata-rata *time headway* yang sudah dikoreksi tersebut, maka:

$$ta_k + tb_k = tc_k + td_k \quad (5)$$

Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai ekivalensi mobil penumpang *Heavy Vehicle* dapat dihitung dengan persamaan:

$$EMP \text{ Heavy Vehicle (HV)} = \frac{tb_k}{ta_k} \quad (6a)$$

Sedangkan rumus untuk mendapatkan EMP MC adalah sama dengan rumus EMP HV namun variabel HV diganti dengan variabel MC. Sehingga, persamaan yang didapat untuk menghitung nilai EMP MC adalah:

$$EMP \text{ MC} = \frac{tb_k}{ta_k} \quad (6b)$$

Karena sampel dipilih acak maka dimungkinkan adanya suatu kesalahan standar deviasi dari distribusi yang dinyatakan sebagai *standard error* (E) sebagai berikut:

$$E = \frac{s}{n^{0.5}} \quad (7)$$

dengan:

E = *standard error*

s = standar deviasi

n = jumlah sampel
 Dan s adalah standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

dengan:

n = jumlah sampel

x_i = nilai *time headway* ke-i

\bar{x} = nilai rata-rata sampel *time headway*

Untuk perkiraan nilai rata-rata *time headway* seluruh pasangan kendaraan (μ) dapat disesuaikan dengan tingkat kepastian atau keyakinan yang diinginkan (*desired level of confidence*). Perkiraan ini terletak dalam suatu interval yang disebut interval keyakinan (*confidence interval*) yang mempunyai batas toleransi kesalahan sebesar e:

$$e = K.E \quad (9)$$

dengan:

K = tingkat kepastian distribusi normal

Nilai rata-rata *time headway* untuk distribusi normal ($n \geq 30$):

$$\mu_{1,2} = \bar{x} \pm e \quad (10)$$

dengan:

$\mu_{1,2}$ = batas keyakinan atas dan bawah nilai rata-rata

\bar{x} = nilai rata-rata *time headway*

e = batas toleransi kesalahan

Analisis Regresi Linier

Suatu persamaan matematik dengan variabel bebas lebih dari satu memerlukan persamaan regresi lebih dari satu. Persamaan matematik dengan dua variabel bebas atau lebih, dapat diselesaikan dengan model persamaan regresi linier berganda yang persamaannya adalah:

$$Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n \quad (11)$$

dengan:

Y = variabel tak bebas

X₁, X₂, ..., X_n = variabel bebas

a = konstanta regresi

b₁, b₂, ..., b_n = koefisien regresi

Untuk menghitung koefisien a, b₁, b₂, ..., b_n dapat diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*). Untuk tiga variabel

misalnya Y, X₁ dan X₂ di mana Y merupakan variabel tetap, sedangkan X₁ dan X₂ merupakan variabel-variabel bebas. Kendaraan ringan (LV) ditetapkan sebagai variabel tetap disebut Y, di mana Y = 1. Jenis kendaraan lain ditetapkan sebagai variabel bebas di mana X₁ adalah kendaraan berat (HV) dan X₂ adalah sepeda motor (MC). Persamaan matematik untuk 3 variabel adalah:

$$Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 \quad (12)$$

dengan: a, b₁ dan b₂ adalah koefisien yang dicari dari data arus lalu lintas dan komposisi kendaraan yang ada.

Dari data dengan tiga variabel di atas diperoleh tiga persamaan normal sebagai berikut:

$$a n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 = \sum Y_i \quad (13a)$$

$$a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 = \sum Y_i X_1 \quad (13b)$$

$$a \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 = \sum Y_i X_2 \quad (13c)$$

Dengan tiga persamaan normal ini akan dihitung koefisien-koefisien regresi (angka ekuivalen mobil penumpang) dari persamaan linier berganda. Sedangkan persamaan normal yang lebih banyak (variabel bebas yang lebih banyak) lebih cepat menggunakan komputer sebagai alat penghitung.

Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ini digunakan untuk menentukan korelasi antara peubah tidak bebas dengan peubah bebas atau antara sesama peubah bebas. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan berbagai cara yang salah satunya seperti persamaan berikut.

$$r_{y.12} = \sqrt{R_{y.12}^2} \quad (14)$$

$$R_{y.12}^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)s_y^2} \quad (15)$$

Keterangan:

JKG: Jumlah Kuadrat Galat

S_y² : Jumlah Kuadrat y (terkoreksi)

dengan:

$$S_y^2 = \frac{n \sum y^2 - (\sum y)^2}{n(n-1)} \quad (16)$$

$$JKG = \sum y^2 - a \sum y - b_1 \sum X_1 y - b_2 \sum X_2 y \quad (17)$$

Nilai r = +1 berarti korelasi antara peubah y dan x positif (meningkatkan nilai X akan meningkatkan nilai Y). Sebaliknya, jika nilai r = -1 berarti korelasi antara peubah X dan Y negatif (meningkatkan nilai X akan mengakibatkan menurunnya nilai Y). Nilai r = 0 menyatakan tidak

ada korelasi antar peubah. Pada penelitian ini, nilai r yang diharapkan bernilai positif.

Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi digunakan untuk menentukan model terbaik yang dapat mewakili setiap hubungan matematis antar parameter. Koefisien ini mempunyai batas limit sama dengan satu (perfect explanation) dan nol (no explanation). Nilai antara kedua batas limit ini ditafsirkan sebagai persentase total variasi yang dijelaskan oleh analisis regresi linear.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih sedapat mungkin mampu menghasilkan data yang valid dan representatif. Ruas jalan yang dipilih untuk melakukan penelitian ini adalah ruas jalan dengan jumlah kendaraan yang lewat cukup besar dan arus kontinyu dengan proporsi iringan kendaraan yang bervariasi. Maka dari itu dipilih ruas Jalan A.A. Maramis Kairagi Manado dan Jalan R.W. Monginsidi Bahu Manado (di depan Freshmart Bahu). Pada ruas Jalan A.A. Maramis, diambil titik lokasi penelitian di depan Taman Makam Pahlawan Kairagi dengan panjang ruas jalan yang ditinjau 50 meter. Dan pada ruas Jalan R.W. Monginsidi diambil titik di depan Freshmart Bahu dengan panjang ruas jalan yang ditinjau 50 meter.

Survey pengambilan data dilaksanakan pada hari Senin, 3 Juli 2017 pada pukul 06.00-18.00 (pada lokasi penelitian di Kairagi) dan pukul 06.00-20.00 (pada lokasi penelitian di Bahu). Pencatatan dilakukan setiap interval 15 menit pada masing-masing periode jam survey. Pencatatan volume lalu lintas meliputi jumlah kendaraan MC, LV dan HV yang melewati ruas jalan studi kasus. Sedangkan iring-iringan yang dicatat untuk data time headway adalah kendaraan yang melewati garis batas headway yaitu LV-LV, MC-MC, HV-HV, LV-MC, MC-LV, LV-HV, dan HV-LV.

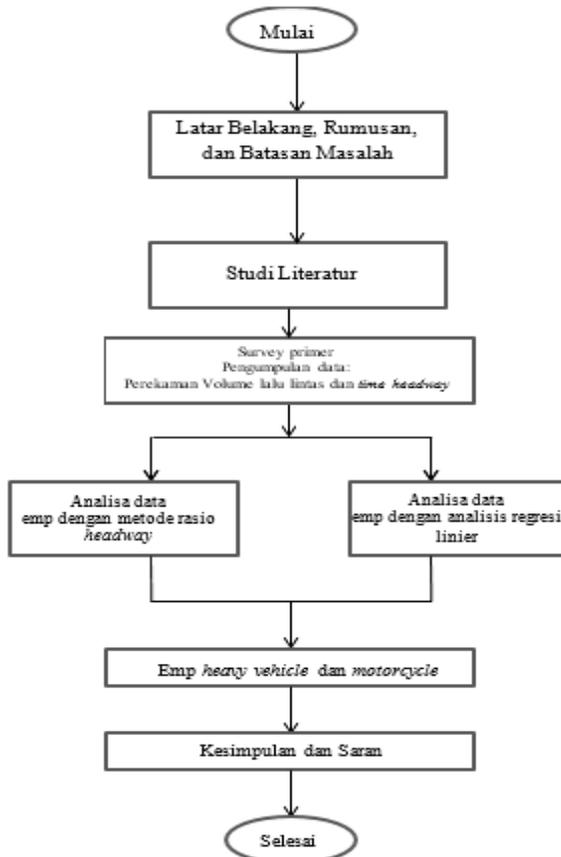
Pencatatan data time headway dilakukan dengan memutar rekaman arus lalu lintas kendaraan yang beriring-iringan pada komputer/laptop. Alat survey yang digunakan untuk merekam iring-iringan time headway adalah kamera. Kamera diletakkan dengan ketinggian ±1,5 meter sehingga kendaraan yang melintas dan batas headway dapat terlihat jelas, sedangkan alat untuk menghitung time headway adalah stopwatch. Pencatatan dilakukan dengan

stopwatch satu per satu dimulai dari LV-LV dan ditulis pada lembar kerja per 15 menit selama 12 jam (lokasi Kairagi) atau 14 jam (lokasi Bahu). Kemudian rekaman diputar ulang untuk mencatat time headway MC-MC, dan selanjutnya hingga time headway semua kendaraan didapat.

Tabel 2. Perhitungan Nilai EMP MC

	Jenis	N	Σx	$xbar$	k	t terkoreksi	Jumlah	EMP
	1	2	3	4	5	6	7	8
06.00 - 06.15	LV-LV	19	29.56	1.56	-2.20	1.67	2.73	0.64
	MC-MC	14	12.67	0.91		1.06		
	LV-MC	11	14.67	1.33		1.13		
	MC-LV	6	11.79	1.97		1.60		

Diagram Alir



Dari perhitungan nilai EMP MC dan HV setiap interval 15 menit periode waktu survey, diperoleh EMP MC dan HV pada masing-masing lokasi penelitian dalam Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Nilai EMP MC

LOKASI PENELITIAN			NILAI EMP
BAHU	BOULEVARD-MALALAYANG	EMP MC	0.60
		EMP HV	1.74
	MALALAYANG-BOULEVARD	EMP MC	1.02
		EMP HV	2.05
KAIRAGI	BANDARA-PST. KOTA	EMP MC	0.92
		EMP HV	0.54
	PST. KOTA-BANDARA	EMP MC	0.46
		EMP HV	0.05

Analisa Regresi Linier

Menghitung Koefisien Regresi

Volume lalu lintas digunakan untuk menghitung nilai EMP kendaraan. Volume lalu lintas yang dihitung adalah jumlah dari arus lalu lintas yang masuk ke simpang. Data volume pada lokasi penelitian di Kairagi pada jam 06.00 – 18.00 disajikan pada Tabel 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Nilai EMP Kendaraan

Metode Rasio Headway

Data time headway awal dicari yang memenuhi interval $(\mu_2 - \mu_1)$ sesuai Tabel 1, untuk kemudian diperoleh time headway koreksi tiap iringan kendaraan. Time headway terkoreksi inilah yang digunakan untuk menghitung nilai hasil rekapitulasi perhitungan EMP MC dari Bandara ke Pusat Kota Manado.

Tabel 1. Perhitungan Senjang Rata-Rata Time Headway

	Jenis	N	Σx	$xbar$	S	E	e	μ_1	μ_2
06.00 -	LV-LV	78	119.63	1.53	0.59	0.07	0.13	1.66	1.40
	MC-MC	63	59.02	0.94	0.53	0.07	0.13	1.07	0.81
06.15	LV-MC	40	54.52	1.36	0.74	0.12	0.23	1.59	1.13
	MC-LV	14	26.96	1.93	0.69	0.18	0.36	2.29	1.57

Tabel 4. Perhitungan Senjang Rata-Rata Time Headway

JAM	JENIS KENDARAAN			JAM	JENIS KENDARAAN		
	MC	HV	LV		MC	HV	LV
06.00 – 06.15	415	25	332	12.00 – 12.15	267	11	200
06.15 – 06.30	410	9	297	12.15 – 12.30	211	8	251
06.30 – 06.45	355	8	240	12.30 – 12.45	180	11	233
06.45 – 07.00	335	20	234	12.45 – 13.00	152	17	241
07.00 – 07.15	319	14	214	13.00 – 13.15	63	10	255
07.15 – 07.30	289	8	259	13.15 – 13.30	59	4	202
07.30 – 07.45	296	11	254	13.30 – 13.45	93	9	251
07.45 – 08.00	294	15	254	13.45 – 14.00	52	2	198
08.00 – 08.15	258	11	256	14.00 – 14.15	134	13	227
08.15 – 08.30	253	11	261	14.15 – 14.30	249	10	253
08.30 – 08.45	284	15	266	14.30 – 14.45	160	8	238
08.45 – 09.00	265	13	285	14.45 – 15.00	204	16	262
09.00 – 09.15	239	11	263	15.00 – 15.15	189	13	212
09.15 – 09.30	255	16	271	15.15 – 15.30	169	7	208
09.30 – 09.45	238	13	256	15.30 – 15.45	221	10	240
09.45 – 10.00	196	11	261	15.45 – 16.00	230	11	242
10.00 – 10.15	212	12	261	16.00 – 16.15	258	3	218
10.15 – 10.30	216	17	231	16.15 – 16.30	256	11	213
10.30 – 10.45	231	7	245	16.30 – 16.45	321	11	273
10.45 – 11.00	230	6	265	16.45 – 17.00	263	4	214
11.00 – 11.15	214	11	263	17.00 – 17.15	112	6	211
11.15 – 11.30	178	9	219	17.15 – 17.30	218	8	202
11.30 – 11.45	198	8	232	17.30 – 17.45	208	7	213
11.45 – 12.00	213	8	256	17.45 – 18.00	219	6	203
JUMLAH	6393	289	6175	JUMLAH	4488	216	5460

(Sumber: Hasil survey, 2017)

Data pada Tabel 4 selanjutnya diolah sesuai dengan rumus pada persamaan 13a, 13b dan 13c, sehingga akan diperoleh persamaan normal untuk mencari koefisien regresi yang merupakan nilai EMP kendaraan yang dicari. Perhitungan untuk mendapatkan persamaan normal disajikan pada Tabel 5:

Tabel 5. Perhitungan Regresi Linier Lokasi Bandara ke Arah Pusat Kota Manado

NO	MC (x1)	HV (x2)	LV (y)	Waktu (15 menit)	X ₁ ²	X ₁ X ₂	X ₂ ²	X ₁ Y	X ₂ Y	Y.Y
1	415	25	332	15	172225	10375	625	137780	8300	110224
2	410	9	297	15	168100	3690	81	121770	2673	88209
3	355	8	240	15	126025	2840	64	85200	1920	57600
4	335	20	234	15	112225	6700	400	78390	4680	54756
5	319	14	214	15	101761	4466	196	68266	2996	45796
6	289	8	259	15	83521	2312	64	74851	2072	67081
7	296	11	254	15	87616	3256	121	75184	2794	64516
8	294	15	254	15	86436	4410	225	74676	3810	64516
9	258	11	256	15	66564	2838	121	66048	2816	65536
10	253	11	261	15	64009	2783	121	66033	2871	68121
11	284	15	266	15	80656	4260	225	75544	3990	70756
12	265	13	285	15	70225	3445	169	75525	3705	81225
13	239	11	263	15	57121	2629	121	62857	2893	69169
14	255	16	271	15	65025	4080	256	69105	4336	73441
15	238	13	256	15	56644	3094	169	60928	3328	65536
16	196	11	261	15	38416	2156	121	51156	2871	68121
17	212	12	261	15	44944	2544	144	55332	3132	68121
18	216	17	231	15	46656	3672	289	49896	3927	53361
19	231	7	245	15	53361	1617	49	56595	1715	60025
20	230	6	265	15	52900	1380	36	60950	1590	70225
21	214	11	263	15	45796	2354	121	56282	2893	69169
22	178	9	219	15	31684	1602	81	38982	1971	47961
23	198	8	232	15	39204	1584	64	45936	1856	53824
24	213	8	256	15	45369	1704	64	54528	2048	65536
25	267	11	200	15	71289	2937	121	53400	2200	40000
26	211	8	251	15	44521	1688	64	52961	2008	63001
27	180	11	233	15	32400	1980	121	41940	2563	54289
28	152	17	241	15	23104	2584	289	36632	4097	58081
29	63	10	255	15	3969	630	100	16065	2550	65025
30	59	4	202	15	3481	236	16	11918	808	40804
31	93	9	251	15	8649	837	81	23343	2259	63001
32	52	2	198	15	2704	104	4	10296	396	39204
33	134	13	227	15	17956	1742	169	30418	2951	51529
34	249	10	253	15	62001	2490	100	62997	2530	64009
35	160	8	238	15	25600	1280	64	38080	1904	56644
36	204	16	262	15	41616	3264	256	53448	4192	68644
37	189	13	212	15	35721	2457	169	40068	2756	44944
38	169	7	208	15	28561	1183	49	35152	1456	43264
39	221	10	240	15	48841	2210	100	53040	2400	57600
40	230	11	242	15	52900	2530	121	55660	2662	58564
41	258	3	218	15	66564	774	9	56244	654	47524
42	256	11	213	15	65536	2816	121	54528	2343	45369
43	321	11	273	15	103041	3531	121	87633	3003	74529
44	263	4	214	15	69169	1052	16	56282	856	45796
45	112	6	211	15	12544	672	36	23632	1266	44521
46	218	8	202	15	47524	1744	64	44036	1616	40804
47	208	7	213	15	43264	1456	49	44304	1491	45369
48	219	6	203	15	47961	1314	36	44457	1218	41209
Σn	ΣX ₁	ΣX ₂	ΣY		ΣX ₁ ²	ΣX ₁ X ₂	ΣX ₂ ²	ΣX ₁ Y	ΣX ₂ Y	ΣY ²
48	10881	505	11635		2755399	121302	6203	2688348	125366	2856549

Nilai-nilai di atas kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 13a, 13b dan 13c yang membentuk tiga persamaan sebagai berikut:

$$48a + 10881 b_1 + 505 b_2 = 11635 \quad (18)$$

$$10881a + 2755399 b_1 + 121302 b_2 = 2688348 \quad (19)$$

$$505a + 121302 b_1 + 6203 b_2 = 125366 \quad (20)$$

Ketiga persamaan di atas diubah ke dalam bentuk matriks untuk mencari nilai dari tiga variabel a, b1 dan b2. Bentuk matriksnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} 48 & 10881 & 505 \\ 10881 & 2755399 & 121302 \\ 505 & 121302 & 6203 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 11635 \\ 2688348 \\ 125366 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 11635 \\ 2688348 \\ 125366 \end{Bmatrix} \begin{pmatrix} 48 & 10881 & 505 \\ 10881 & 2755399 & 121302 \\ 505 & 121302 & 6203 \end{pmatrix}^{-1}$$

$$\begin{Bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 11635 \\ 2688348 \\ 125366 \end{Bmatrix} \begin{pmatrix} 0,235355 & -0,0006174 & -0,0070866 \\ -0,00062 & 4,229E-06 & -3,243E-05 \\ -0,00709 & -3,243E-05 & 0,0013723 \end{pmatrix}$$

didapat:

$$a = 190,057$$

$$b_1 = 0,119$$

$$b_2 = 2,408$$

Setelah ketiga nilai tersebut diketahui, ketiga nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan 12 menjadi:

$$Y = 190,057 + 0,119 X_1 + 2,408 X_2$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{EMP MC (sepeda motor)} = 0,12$$

$$\text{EMP HV (kendaraan berat)} = 2,41$$

Hasil rekapitulasi perhitungan nilai EMP seluruh ruas jalan dengan menggunakan analisa regresi linier berganda disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai EMP Menggunakan Metode Analisa Regresi Linier Berganda

Metode	Lokasi Pengamatan		Nilai EMP	
			MC	HV
Regresi Linier	Kairagi	Bandara – Pusat Kota	0.12	2.41
		Pusat Kota - Bandara	0.35	0.53
	Bahu	Boulevard - Malalayang	0.64	3.57
		Malalayang - Boulevard	0.72	3.2

Menghitung Koefisien Korelasi dan Determinasi

Nilai koefisien korelasi dihitung dengan menggunakan persamaan 14 sampai dengan persamaan 17. Contoh perhitungan koefisien korelasi antara light vehicle (LV) dengan motorcycle (MC) dengan menggunakan data pada ruas jalan Bandara – pusat kota Manado:

$$JKG = \sum y^2 - a \sum y - b_1 \sum X_1 y - b_2 \sum X_2 y = 23099$$

$$S_y^2 = \frac{n \sum y^2 - (\sum y)^2}{n(n-1)} = 771,8$$

$$R_{y,12}^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)s_y^2} = 0,363$$

$$r_{y,12} = \sqrt{R_{y,12}^2} = 0,603$$

Nilai r terletak di antara -1 ≤ r ≤ +1, ini berarti korelasi antara variabel kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) dengan variabel mobil penumpang sebesar 0,603 ini membuktikan bahwa

hubungan antara variabel bebas yakni kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) dengan variabel terikat mobil penumpang adalah cukup kuat ($r > 0,6$).

Rekapitulasi nilai EMP hasil perhitungan menggunakan metode rasio headway dan analisis regresi linier dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai EMP

METODE	LOKASI PENELITIAN		NILAI EMP	
			MC	HV
Rasio Headway	BAHU	BOULEVARD - MALALAYANG	0.6	1.74
		MALALAYANG - BOULEVARD	1.02	2.05
	KAIRAGI	BANDARA - PST. KOTA	0.92	0.54
		PST. KOTA - BANDARA	0.46	0.05
Regresi Linier	BAHU	BOULEVARD - MALALAYANG	0.64	3.57
		MALALAYANG - BOULEVARD	0.72	3.2
	KAIRAGI	BANDARA - PST. KOTA	0.12	2.41
		PST. KOTA - BANDARA	0.35	0.53

PENUTUP

Kesimpulan

Setiap ruas jalan memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari komposisi kendaraan yang melintasi ruas jalan, kondisi geometrik jalan, dimensi kendaraan maupun kemampuan gerak kendaraan. Perbedaan tersebut juga mempengaruhi besarnya nilai EMP yang akan digunakan untuk mengkonversikan berbagai jenis kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Di samping itu, nilai EMP yang dipakai dalam perhitungan selama ini mengacu pada MKJI 1997. Namun, karena setiap ruas jalan memiliki karakteristik yang berbeda, maka nilai EMP untuk setiap daerah akan berbeda juga. Karena itu, dilakukan penelitian nilai EMP pada ruas jalan di Kota Manado di antaranya pada ruas Jalan A.A. Maramis Kairagi dan Jalan R.W. Monginsidi Bahu.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai EMP hasil perhitungan menggunakan metode rasio headway pada ruas jalan Bahu untuk arah Boulevard - Malalayang adalah 0,6 untuk sepeda motor dan 1,74 untuk kendaraan berat. Dan pada arah sebaliknya, yaitu Malalayang-Boulevard nilai EMP untuk sepeda motor adalah 1,02 dan 2,05 untuk kendaraan berat. Sedangkan pada ruas jalan Kairagi untuk arah Bandara – Pusat Kota, nilai EMP sepeda motor bernilai 0,92 dan 0,54 untuk kendaraan berat. Dan pada arah sebaliknya, yaitu Pusat Kota – Bandara nilai EMP yang didapat adalah 0,46 untuk

sepeda motor dan 0,05 untuk kendaraan berat. Dan nilai EMP hasil perhitungan menggunakan analisa regresi linier pada ruas jalan Bahu untuk arah Boulevard - Malalayang adalah 0,64 untuk sepeda motor dan 3,57 untuk kendaraan berat. Dan pada arah sebaliknya, yaitu Malalayang-Boulevard nilai EMP untuk sepeda motor adalah 0,72 dan 3,2 untuk kendaraan berat. Sedangkan pada ruas jalan Kairagi untuk arah Bandara – Pusat Kota, nilai EMP sepeda motor bernilai 0,12 dan 2,41 untuk kendaraan berat. Dan pada arah sebaliknya, yaitu Pusat Kota – Bandara nilai EMP yang didapat adalah 0,35 untuk sepeda motor dan 0,53 untuk kendaraan berat.

- 2) Terdapat perbedaan nilai EMP antara hasil perhitungan dengan EMP pada MKJI 1997 di mana EMP sepeda motor adalah 0,5 dan EMP kendaraan besar adalah 1,3. Perbedaan ini terjadi akibat perubahan kondisi di lapangan, seperti peningkatan jumlah kendaraan di jalan dan perubahan keadaan sekitar di jalan. Perlu suatu adanya kalibrasi terhadap nilai EMP dari hasil perhitungan dan EMP pada MKJI 1997.

Saran

Dalam pengambilan data di lapangan, pengolahan data lapangan dan perhitungan data menggunakan bantuan software komputer tentunya ada berbagai kesulitan yang dialami. Berdasarkan analisis data dan survey lapangan, maka saran-saran yang bisa disampaikan adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam menghitung volume lalu lintas, maka lebih diperlukan ketelitian oleh surveyor dalam menghitung jumlah kendaraan yang lewat dan juga waktu time headway.
- 2) Dalam mengambil data headway menggunakan kamera, posisi kamera akan lebih baik apabila berada di atas sehingga semua kendaraan yang lewat dan melintasi batas headway terlihat jelas.
- 3) Penelitian yang sama dapat dikembangkan lebih lanjut lagi dengan metode perhitungan EMP yang berbeda atau dengan interval waktu survey yang lebih lama (misal: seminggu, sebulan) pada lokasi yang memiliki karakteristik geometri maupun lalu lintas yang mirip.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Anonymous. 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Anonymous. 2005. *Traffic Control Systems Handbook*. U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration.
- Gunarto, Thomas Yuni. Regresi Korelasi. Universitas Gunadarma. Jakarta.
- Khisty, C. Jotin and Lall, B. Kent. 2003. Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1. Terjemahan Fidel Miro. Jakarta: Erlangga.
- Monoarfa, Ady Suhendra Edmonssoen. 2013. Ekivalensi Mobil Penumpang pada Persimpangan Bersignal Tiga Lengan Jalan Sam Ratulangi-Jalan Babe Palar Manado. Jurnal Sipil Statik. Vol. 1. No. 9.
- Salter, R. J. 1983. *Highway Traffic Analysis and Design*. Macmillan Press Ltd. London and Basingstoke.
- Sendow, Theo K. Konsep Buku Bahan Ajar Mata Kuliah: Rekayasa Lalu Lintas. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.