

SKENARIO REDUKSI EMISI CO₂ DI KAWASAN PASAR BESAR KOTA MALANG

Dany Eka Sulisty, Kartika Eka Sari, Dadang Meru Utomo

Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjend Haryono No. 167 Malang 65145 -Telp (0341) 567886
Email: Danyekasulistyo@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia kendaraan bermotor merupakan penyumbang terbesar polusi udara hingga 70%-80%, sedangkan 20%-30% diakibatkan kegiatan industri (Maryanto, 2009). Semakin besar jumlah kendaraan bermotor yang melakukan pergerakan maka semakin besar emisi gas buang kendaraan yang masuk dalam udara bebas kota (Yuliasuti, 2008). Menurut Tamin (2000), pergerakan kendaraan bermotor dipengaruhi oleh adanya tata guna lahan. Salah satu jenis tata guna lahan yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap pergerakan lalu lintas adalah perdagangan. Berdasarkan RTRW Kota Malang tahun 2010 – 2030, Pasar Besar direncanakan sebagai pusat perdagangan dan jasa berskala regional. Seiring berkembangnya aktivitas transportasi di kawasan Pasar Besar Kota Malang, tak hayal akan menimbulkan masalah seperti kemacetan lalu lintas dan polusi udara. Oleh karena itu, perlu adanya identifikasi mengenai reduksi emisi CO₂ di kawasan Pasar Besar Kota Malang yaitu dengan mengidentifikasi kinerja lalu lintas jalan sekitar kawasan Pasar Besar dan menghitung besaran emisi CO₂ kendaraan bermotor di kawasan Pasar Besar. Dimana dihasilkan bahwa tingkat pelayanan jalan pada jalan sekitar kawasan Pasar Besar rata-rata memiliki nilai LOS baik antara nilai A dan B sedangkan besaran emisi CO₂ kendaraan bermotor di kawasan Pasar Besar yaitu sebesar 4.341,08 ton/tahun. Untuk mendukung target penurunan emisi sebesar 5,22% di wilayah Jawa Timur sehingga perlu adanya rekomendasi untuk ikut mengurangi pengeluaran emisi CO₂. Rekomendasi pada penelitian ini yaitu simulasi skenario pengalihan pengguna kendaraan pribadi menuju kendaraan umum berdasarkan tingkat kemauan berpindah. Dimana pada simulasi skenario menghasilkan emisi sebesar 3.790,64 ton/tahun dimana dapat mengurangi emisi sebesar 550,44 ton/tahun atau sekitar 12,68%.

Kata Kunci: Reduksi, Emisi CO₂, Kendaraan Pribadi, Kendaraan Umum

ABSTRACT

The emission of vehicle is the largest contributor of air pollution by up to 70% - 80%, while 20% - 30% caused industrial activity (Maryanto, 2009). The number of vehicles who perform the movement gets bigger so that the emissions of vehicles in the air has increased (Yuliasuti, 2008). According to Tamin (2000), The movement of vehicles is affected by the presence of land use. One type of land use that have considerable influence against the movement of traffic is a trade. Based on RTRW Malang City in 2010 – 2030, Pasar Besar was planned as a center of trade and services that has the scale of regional services. Along with the development of transport activities in the area of Pasar Besar Malang city, it will cause problems such as traffic jam and air pollution. Therefore, the need for identification about Scenarios Reduction of CO₂ Emissions in Pasar Besar area that is to identify the performance of road traffic in around of Pasar Besar and calculate the quantity of CO₂ emissions of the vehicle in area of Pasar Besar. Where is produced that level of service roads on its way around area of Pasar Besar have an average value between LOS A and B, while the quantity of CO₂ emissions based on the footprint of transport on area of Pasar Besar that is amounting to 4.341,08 tons/year. To support the target decrease by 5,22% in East Java Region, so the need for recommendations to reduce spending on CO₂ emissions. Recommendations on the research of the simulation scenario redirects users vehicles towards public transport based on the level of a will switch. Where on simulation scenarios generate emissions by 3.790,64 tonnes/year in which can reduce emissions by 550,44 tonnes/year or approximately 12,68%.

Keywords: Reduction, CO₂ Emissions, Private Vehicles, Public Transportation

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dimana negara kita berada dalam tahap pertumbuhan urbanisasi yang tinggi. Jumlah penduduk dari tahun ke tahun jumlahnya

semakin meningkat akibatnya kebutuhan akan transportasi meningkat. Transportasi diartikan sebagai tindakan atau kegiatan mengangkut atau memindahkan muatan (barang dan orang) dari suatu tempat ke tempat lain atau dari tempat asal ke tempat tujuan (Adisasmita, 2011).

Sedangkan menurut Miro (2005), transportasi diartikan sebagai usaha pemindahan atau pergerakan dari satu lokasi ke lokasi lainnya dengan menggunakan suatu alat tertentu.

Seiring dengan tingginya pertumbuhan jumlah penduduk berbanding lurus dengan tingginya kebutuhan akan transportasi. Dimana di Indonesia kendaraan bermotor merupakan penyumbang terbesar polusi udara hingga 70% - 80% sedangkan 20% - 30% diakibatkan kegiatan industri (Maryanto, 2009). Sumber emisi gas buang berasal dari sumber emisi bergerak dan sumber emisi tidak bergerak. Sumber emisi bergerak berasal dari aktivitas pergerakan kendaraan bermotor sedangkan sumber emisi tidak bergerak berasal dari kegiatan pada suatu tempat seperti industri (Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara). Salah satu emisi gas buang dari kendaraan yaitu karbondioksida (CO₂). Gas tersebut merupakan salah satu jenis gas rumah kaca yang memberikan sumbangan emisi tertinggi gas rumah kaca di udara yaitu sebesar 55% (Kartikawati, R., *et al*, 2011).

Menurut Tamin (2000), lalu lintas transportasi dipengaruhi oleh adanya tata guna lahan. Suatu perjalanan disebabkan karena perbedaan tata guna lahan. Dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, setiap individu bergerak dari tata guna lahan tertentu ke tata guna lahan lainnya. Hal ini membuat adanya hubungan yang sangat erat antara tata guna lahan dan transportasi. Salah satu jenis tata guna lahan yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap pergerakan lalu lintas adalah perdagangan (Tamin, 2000). Fasilitas perdagangan yang terwujud dalam bentuk pasar tradisional dan pertokoan merupakan salah satu jenis tata guna lahan yang menarik maupun membangkitkan perjalanan dalam jumlah signifikan. Adanya bangkitan dan tarikan perjalanan oleh tata guna lahan perdagangan tersebut membutuhkan dukungan kinerja sarana dan prasarana transportasi. Tanpa adanya dukungan sarana dan prasarana transportasi, akan terjadi ketidakseimbangan antara permintaan dan penawaran perjalanan yang nantinya akan menimbulkan berbagai permasalahan lalu lintas.

Pasar Besar Kota Malang merupakan salah satu sarana perdagangan yang berada pada kawasan strategis perdagangan dan jasa di Kota Malang. Letak Pasar Besar Kota Malang yang berada pada pusat Kota Malang berpotensi sebagai tarikan pergerakan yang tinggi bagi

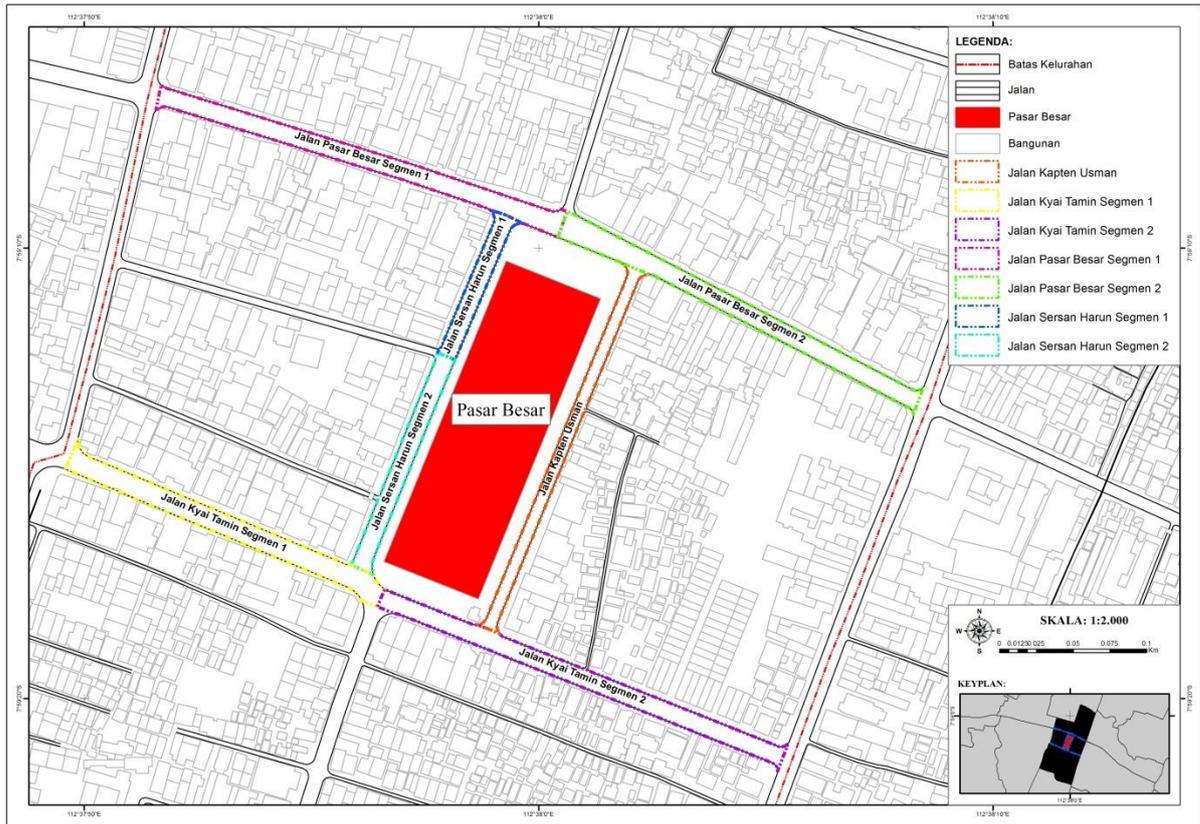
aktivitas masyarakat Kota Malang. Dalam RTRW Kota Malang tahun 2010 – 2030, Pasar Besar Kota Malang direncanakan sebagai pusat perdagangan dan jasa berskala regional.

Dengan semakin berkembangnya aktivitas di kawasan Pasar Besar mengakibatkan pergerakan kendaraan bermotor menuju kawasan Pasar Besar semakin meningkat. Dengan semakin meningkatnya pergerakan kendaraan bermotor maka gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tersebut juga semakin meningkat. Hal ini telah sesuai dengan teori bahwa semakin besar jumlah kendaraan bermotor yang melakukan pergerakan maka semakin banyak gas buang kendaraan yang masuk dalam udara bebas kota (Yuliasuti, 2008). Jumlah volume kendaraan berpengaruh terhadap nilai tingkat pelayanan jalan pada suatu ruas jalan. Semakin tinggi VCR (volume kapasitas rasio)/tingkat pelayanan jalan di suatu ruas jalan pada waktu tertentu, maka akan meningkatkan hasil emisi gas buang dari sektor transportasi (Zhongan, 2005).

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 67 Tahun 2012, wilayah Jawa Timur menargetkan penurunan emisi sebesar 5,22% dari bidang energi dan transportasi. Untuk mendukung Peraturan Gubernur Jawa Timur tersebut sehingga perlu adanya identifikasi mengenai Skenario Reduksi Emisi CO₂ Di Kawasan Pasar Besar Kota Malang. Dimana manfaat hasil analisis emisi CO₂ ini sebagai salah satu aplikasi program pengurangan emisi GRK Jatim. Pada penelitian ini nantinya akan dilakukan pengukuran emisi karbon dari kegiatan transportasi berdasarkan dari jumlah dan jenis kendaraan yang melintasi ruas-ruas jalan di sekitar wilayah studi kawasan Pasar Besar Kota Malang dengan menggunakan metode jejak ekologis transportasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di keempat jalan kawasan Pasar Besar Kota Malang yaitu Jalan Pasar Besar, Jalan Sersan Harun, Jalan Kyai Tamin dan Jalan Kapten Usman. Keempat jalan tersebut dibagi menjadi tujuh segmen yaitu Jalan Pasar Besar Segmen 1, Jalan Pasar Besar Segmen 2, Jalan Sersan Harun Segmen 1, Jalan Sersan Harun Segmen 2, Jalan Kyai Tamin Segmen 1, Jalan Kyai Tamin Segmen 2 dan Jalan Kapten Usman. (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah arus lalu lintas (stabil) maksimum yang dapat dipertahankan pada kondisi tertentu. Perhitungan kapasitas jalan dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI, 1997) didapatkan dengan mengkalikan nilai kapasitas dasar dengan faktor-faktor kondisi geometrik dan lingkungan yang berada pada ruas/segmen jalan tersebut.

$$C = C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/jam) ... (1)}$$

Keterangan:

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)
- FC_W = Faktor koreksi lebar jalan
- FC_{SP} = Faktor koreksi pembagian arah
- FC_{SF} = Faktor koreksi gangguan samping
- FC_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan Jalan (*Level Of Service*) merupakan suatu ukuran yang menggambarkan kondisi suatu jalan dalam melayani kendaraan yang melewatinya. Nilainya akan berubah seiring dengan adanya peningkatan volume lalu lintas di ruas jalan tersebut dan perubahan kondisi

geometrik jalan. *Level of service* ini ditentukan sebagai suatu parameter terkait mengenai hubungan antara kecepatan, kepadatan dan tingkat pelayanan arus lalu lintas. Dalam MKJI, tingkat pelayanan suatu jalan dinyatakan dalam derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (DS).

$$VCR = V/C \text{ (2)}$$

Keterangan:

- VCR = Volume Kapasitas Rasio/Tingkat Pelayanan Jalan
- V = Volume Lalu Lintas (smp)
- C = Kapasitas Jalan (smp/jam)

Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan

Konsumsi bahan bakar kendaraan dinyatakan dalam bentuk liter/kilometer yang berarti jumlah liter konsumsi bahan bakar yang digunakan sebuah kendaraan dalam menempuh perjalanan per kilometer.

Tabel 1. Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan

No.	Isi Silinder Kendaraan	Rata-Rata Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar (lt/km)
1.	100 CC	0,027
2.	110 CC	0,031
3.	115 CC	0,031
4.	125 CC	0,031
5.	135 CC	0,031

No.	Isi Silinder Kendaraan	Rata-Rata Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar (lt/km)
6.	150 CC	0,031
7.	200 CC	0,045
8.	250 CC	0,045
9.	1.000 CC	0,077
10.	1.300 CC	0,080
11.	1.500 CC	0,092
12.	1.800 CC	0,092
13.	2.000 CC	0,118
14.	2.500 CC	0,134
15.	2.700 CC	0,134
16.	3.000 CC	0,134
17.	3.300 CC	0,134
18.	4.800 CC	0,134

Sumber : Kartika Eka Sari et al, 2014

Total Jarak Tempuh Kendaraan

Untuk mengetahui panjang perjalanan yang ditempuh kendaraan bermotor selama satu tahun dapat dihitung berdasarkan volume kendaraan tiap segmen dikalikan dengan panjang jalan tiap segmen dan jumlah hari dalam setahun yaitu 365 hari.

$$S = V \times P \times n \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- S = Jarak Tempuh (km/tahun)
- V = Volume Lalu Lintas (unit/jam)
- P = Panjang Jalan (km)
- n = Jumlah Hari Dalam Setahun (hari/thn)

Total Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan total konsumsi bahan bakar kendaraan selama satu tahun perjalanan diperoleh dengan mengalikan jarak tempuh kendaraan selama satu tahun dengan efisiensi bahan bakar tiap jenis kendaraan yang akan menghasilkan jumlah liter konsumsi bahan bakar selama satu tahun.

$$CB = \bar{X} \times S \times FK \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- CB = Total Konsumsi Bahan Bakar (liter/thn)
- \bar{X} = Rata-rata Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan (liter/km)
- S = Jarak tempuh (km/tahun)
- FK = Faktor Kontruksi dan Perawatan Jalan (1,00)

Total Besaran Emisi CO₂

Total Besaran emisi CO₂ dapat dihitung dengan cara mengalikan total konsumsi bahan bakar tiap jenis kendaraan dengan faktor emisi tiap jenis bahan bakar kendaraan. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung besaran total emisi CO₂.

$$ECO_2 = CB \times EF \times 1/1000 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- ECO₂ = Total Emisi CO₂ (ton/thn)
- CB = Total Konsumsi Bahan Bakar (liter/tnn)
- EF = Emisi Faktor (kg/liter)

Emisi faktor untuk tiap jenis bahan bakar kendaraan nilainya berbeda-beda. Berikut merupakan nilai emisi faktor untuk tiap jenis bahan bakar kendaraan (tabel 2).

Tabel 2. Emisi Faktor Bahan Bakar Kendaraan

No	Jenis Bahan Bakar	Emisi CO ₂	Unit
1	Gasoline Fuel (Bensin)	2,31	Kg/liter
2	Diesel Fuel (SoLar)	2,68	Kg/liter

Sumber : Andriono et al., 2013

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Ruas Jalan Wilayah Studi

Pada wilayah studi ini, jalan yang menjadi objek penelitian yaitu Jalan Pasar Besar, Jalan Sersan Harun, Jalan Kyai Tamin dan Jalan Kapten Usman. Dari keempat jalan tersebut akan dibagi menjadi beberapa segmen. Berikut merupakan data panjang dan lebar jalan pada ketujuh segmen jalan di Kawasan Pasar Besar Kota Malang (Tabel 3).

Tabel 3. Klasifikasi Jalan

Nama Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Lebar Lajur (m)
Jalan Pasar Besar Segmen 1	285	12	4
Jalan Pasar Besar Segmen 2	270	12	4
Jalan Sersan Harun Segmen 1	105	10	4
Jalan Sersan Harun Segmen 2	155	10	4
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	230	12	4
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	290	12	4
Jalan Kapten Usman	265	10	4

Sumber : Hasil Survei, 2015

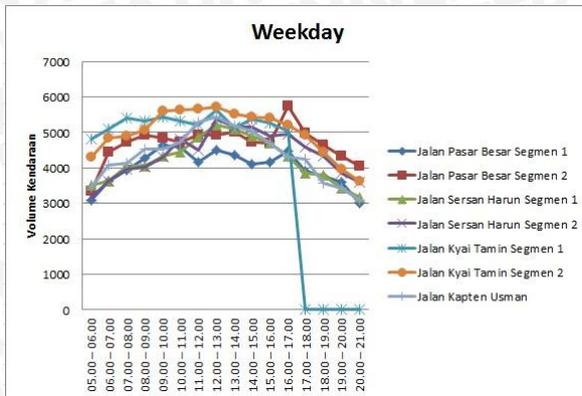
Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa Jalan Pasar Kyai Tamin Segmen 2 memiliki panjang jalan paling panjang dari keenam segmen lainnya. Panjang jalan nantinya akan berpengaruh pada hasil jarak tempuh kendaraan sedangkan lebar jalan nantinya akan berpengaruh pada hasil kapasitas jalan.

Volume Lalu Lintas

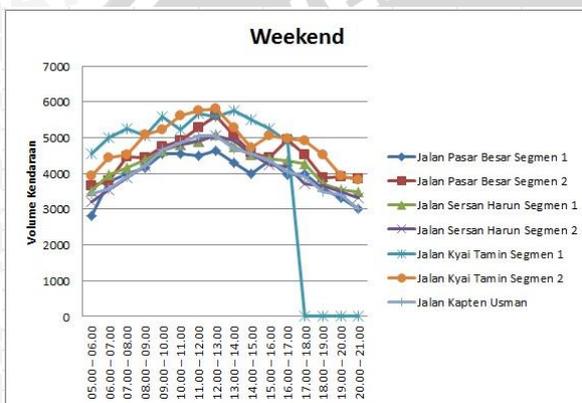
Pengamatan volume lalu lintas pada penelitian ini dilakukan saat *weekday* dan *weekend*. Lama pengamatan dilakukan selama 16 jam/hari dimulai dari jam 05.00 – 21.00. Dimana metode survei yang digunakan adalah



metode pengamatan langsung di lapangan. Adapun hasil survei pengamatan volume lalu lintas pada ketujuh segmen jalan saat *weekday* maupun *weekend*. (Gambar 2 dan Gambar 3).



Gambar 2. Hasil Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Saat *Weekday*



Gambar 3. Hasil Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Saat *Weekend*

Berdasarkan kedua gambar grafik diatas dapat diketahui bahwa rata-rata puncak kepadatan lalu lintas baik saat *weekday* maupun *weekend* terjadi pada jam 07.00 - 08.00, 12.00 - 13.00, dan 16.00 - 17.00. Hal ini dikarenakan pada jam 07.00 - 08.00 merupakan waktu dimana hampir sebagian pertokoan di kawasan Pasar Besar Kota Malang mulai buka atau beroperasi, kemudian pada jam 12.00 - 13.00 merupakan puncak aktivitas kegiatan di kawasan Pasar Besar Kota Malang dan pada jam 16.00 - 17.00 merupakan waktu dimana sebagian pertokoan di kawasan Pasar Besar Kota Malang mulai menutup tokonya atau berhenti berkegiatan jual beli.

Kapasitas Jalan

Dalam perhitungan kapasitas ruas jalan, langkah-langkah perhitungannya adalah menentukan nilai-nilai yang dijadikan dasar dalam perhitungan kapasitas yaitu nilai kapasitas

dasar dan beberapa nilai faktor penyesuaian. (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai Kapasitas Jalan

No.	Nama Jalan	Kapaistas
1.	Jalan Pasar Besar Segmen 1	3.048,65
2.	Jalan Pasar Besar Segmen 2	2.827,95
3.	Jalan Sersan Harun Segmen 1	2.596,99
4.	Jalan Sersan Harun Segmen 2	2.596,99
5.	Jalan Kyai Tamin Segmen 1	2.827,95
6.	Jalan Kyai Tamin Segmen 2	2.827,95
7.	Jalan Kapten Usman	2.596,99

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa kapasitas jalan terbesar terdapat pada Jalan Pasar Besar Segmen 1 sedangkan kapasitas jalan terkecil terdapat pada Jalan Sersan Harun dan Jalan Kapten Usman.

Tingkat Pelayanan Jalan

Nilai Tingkat pelayanan jalan dipengaruhi oleh volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Semakin kecil volume lalu lintas, semakin baik nilai tingkat pelayanan jalan. Berikut merupakan hasil nilai tingkat pelayanan jalan rata-rata pada ketujuh segmen jalan baik saat *weekday* maupun *weekend*. (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai Tingkat Pelayanan Jalan

Nama Jalan	Weekday		Weekend	
	Rasio V/C rata-rata	LOS rata-rata	Rasio V/C rata-rata	LOS rata-rata
Jalan Pasar Besar Segmen 1	0,60	A	0,63	B
Jalan Pasar Besar Segmen 2	0,66	B	0,64	B
Jalan Sersan Harun Segmen 1	0,65	B	0,62	B
Jalan Sersan Harun Segmen 2	0,66	B	0,61	B
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	0,54	A	0,54	A
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	0,65	B	0,67	B
Jalan Kapten Usman	0,66	B	0,63	B

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa tingkat pelayanan jalan pada ketujuh segmen rata-rata memiliki nilai A dan B. Dimana nilai rasio v/c tertinggi terdapat pada Jalan Pasar Besar Segmen 2 baik *weekday* maupun *weekend* sedangkan nilai rasio v/c terendah terdapat pada Jalan Kyai Tamin Segmen 1 baik *weekday* maupun *weekend*.

Analisis Volume Kendaraan Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Kendaraan

Data volume kendaraan berdasarkan jenis bahan bakar kendaraan yang digunakan merupakan data yang diolah dari data volume

kendaraan hasil survei primer di lapangan pada jam 05.00 - 21.00 saat *weekday* maupun *weekend* dan data volume kendaraan berdasarkan jenis kapasitas silinder kendaraan yang dilakukan pada jam-jam puncak saat *weekday* maupun *weekend* sehingga dapat ditentukan jumlah volume lalu lintas yang mewakili volume kendaraan dalam satu hari berdasarkan jenis klasifikasi kendaraan.

Tabel 6. Pengelompokan Jenis Kapasitas Silinder dan Bahan Bakar Kendaraan

No	Kapasitas Silinder Kendaraan (CC)	Klasifikasi
1.	110 – 250 cc	Roda 2 (Bensin)
2.	1000 – 2000 cc	Roda 4 Pribadi (Bensin)
3.	2500 – 3000 cc	Roda 4 (Solar)
4.	3300 cc	Truk (Solar)
5.	4800 cc	Bus (Solar)
6.	1000 cc (Angkot)	Roda 4 Umum (Bensin)

Sumber : Kartika Eka Sari *et al*, 2014

Hasil volume *weekday* dan *weekend* pada ketujuh segmen nantinya akan dirata-rata untuk mengetahui volume kendaraan yang dapat mewakili volume kendaraan dalam satu hari tiap segmen jalan. (Tabel 7).

Tabel 7. Volume Kendaraan Rata-rata Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Kendaraan

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan
Jalan Pasar Besar Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	43.823
	Roda 4 pribadi (Bensin)	12.383
	Roda 4 pribadi (Solar)	3.663
	Truk (Solar)	109
	Bus (Solar)	7
Jalan Pasar Besar Segmen 2	Roda 4 umum (Bensin)	1.965
	Roda 2 (Bensin)	58.952
	Roda 4 pribadi (Bensin)	8.383
	Roda 4 pribadi (Solar)	4.562
	Truk (Solar)	70
Jalan Sersan Harun Segmen 1	Bus (Solar)	1
	Roda 4 umum (Bensin)	1.504
	Roda 2 (Bensin)	52.550
	Roda 4 pribadi (Bensin)	7.168
	Roda 4 pribadi (Solar)	4.082
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Truk (Solar)	15
	Bus (Solar)	0
	Roda 4 umum (Bensin)	1.698
	Roda 2 (Bensin)	54.027
	Roda 4 pribadi (Bensin)	7.337
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	Roda 4 pribadi (Solar)	3.723
	Truk (Solar)	15
	Bus (Solar)	0
	Roda 4 umum (Bensin)	1.698
	Roda 2 (Bensin)	64.474
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	Roda 4 pribadi (Bensin)	7.820
	Roda 4 pribadi (Solar)	2.999
	Truk (Solar)	251
	Bus (Solar)	3
	Roda 4 umum (Bensin)	1.451
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	63.498
	Roda 4 pribadi (Bensin)	7.570
	Roda 4 pribadi (Solar)	2.639
	Truk (Solar)	721
	Bus (Solar)	10
Jalan Kapten Usman	Roda 4 umum (Bensin)	1.456
	Roda 2 (Bensin)	53.490

Usman	Roda 4 pribadi (Bensin)	6.964
	Roda 4 pribadi (Solar)	3.546
	Truk (Solar)	86
	Bus (Solar)	0
	Roda 4 umum (Bensin)	1.744

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 7 dapat diketahui bahwa volume kendaraan yang paling mendominasi yaitu volume kendaraan pribadi roda dua yang dapat dilihat pada ketujuh segmen jalan.

Total Jarak Tempuh Kendaraan

Setelah mengetahui volume kendaraan berdasarkan jenis bahan bakar kendaraan, langkah selanjutnya yaitu menghitung jarak tempuh kendaraan selama satu tahun. Jarak tempuh kendaraan didapatkan dari mengkalikan antara volume lalu lintas, panjang jalan dan jumlah hari dalam setahun. Perhitungan jarak tempuh kendaraan pribadi dan kendaraan umum nantinya dipisah untuk mempermudah dalam perhitungan simulasi skenario. (Tabel 8 dan Tabel 9).

Tabel 8. Total Jarak Tempuh Kendaraan Pribadi

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Jarak Tempuh Kendaraan (km/tahun)
Jalan Pasar Besar Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	4.558.725
	Roda 4 pribadi (Bensin)	1.288.168
	Roda 4 pribadi (Solar)	377.946
	Truk (Solar)	11.344
	Bus (Solar)	717
Jalan Pasar Besar Segmen 2	Roda 4 umum (Bensin)	5.809.765
	Roda 2 (Bensin)	826.123
	Roda 4 pribadi (Bensin)	449.609
	Roda 4 pribadi (Solar)	6.935
	Truk (Solar)	137
Jalan Sersan Harun Segmen 1	Bus (Solar)	2.013.989
	Roda 2 (Bensin)	274.714
	Roda 4 pribadi (Bensin)	156.436
	Roda 4 pribadi (Solar)	582
	Truk (Solar)	0
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Bus (Solar)	0
	Roda 2 (Bensin)	3.056.591
	Roda 4 pribadi (Bensin)	415.063
	Roda 4 pribadi (Solar)	210.641
	Truk (Solar)	859
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	Bus (Solar)	0
	Roda 2 (Bensin)	5.412.626
	Roda 4 pribadi (Bensin)	656.526
	Roda 4 pribadi (Solar)	251.766
	Truk (Solar)	21.031
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	Bus (Solar)	233
	Roda 2 (Bensin)	6.721.251
	Roda 4 pribadi (Bensin)	801.259
	Roda 4 pribadi (Solar)	279.383
	Truk (Solar)	76.317
Jalan Kapten Usman	Bus (Solar)	1.023
	Roda 2 (Bensin)	5.173.848
	Roda 4 pribadi (Bensin)	673.630
	Roda 4 pribadi (Solar)	342.963
	Truk (Solar)	8.343
Total	Bus (Solar)	0
	Total	39.878.544

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Tabel 9. Total Jarak Tempuh Kendaraan Umum (Angkot)

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Jarak Tempuh Kendaraan (km/tahun)
Jalan Pasar Besar Segmen 1		204.364
Jalan Pasar Besar Segmen 2		148.218
Jalan Sersan Harun Segmen 1		65.084
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Roda 4 Umum (Bensin)	96.076
Jalan Kyai Tamin Segmen 1		121.821
Jalan Kyai Tamin Segmen 2		154.168
Jalan Kapten Usman		168.718
Total		958.449

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 8 dapat diketahui bahwa jarak tempuh terpanjang pada kendaraan pribadi yaitu kendaraan roda 2 pada ketujuh segmen jalan, dengan total jarak tempuh kendaraan yaitu 39.878.544 km/tahun. Kemudian berdasarkan tabel 9 dapat diketahui bahwa total jarak tempuh kendaraan umum (angkot) yaitu 958.449 km/tahun. Bila dijumlahkan jarak tempuh untuk semua jenis kendaraan yaitu sebesar 40.836.992 km/tahun.

Total Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan

Setelah menghitung jarak yang ditempuh kendaraan selama satu tahun dan rata-rata efisiensi bahan bakar kendaraan, langkah selanjutnya yaitu menghitung total konsumsi bahan bakar kendaraan pada tiap jenis kendaraan selama satu tahun perjalanan yang didapatkan dengan cara mengalikan jarak tempuh kendaraan selama satu tahun dengan rata-rata efisiensi bahan bakar kendaraan. (Tabel 10 dan Tabel 11).

Tabel 10. Total Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Pribadi

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Total Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)
Jalan Pasar Besar Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	141.388
1	Roda 4 pribadi (Bensin)	118.146
	Roda 4 pribadi (Solar)	50.645
	Truk (Solar)	1.520
	Bus (Solar)	96
Jalan Pasar Besar Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	181.255
	Roda 4 pribadi (Bensin)	75.211
	Roda 4 pribadi (Solar)	60.248
	Truk (Solar)	929
	Bus (Solar)	18
Jalan Sersan Harun Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	62.078
	Roda 4 pribadi (Bensin)	25.085
	Roda 4 pribadi (Solar)	20.962
	Truk (Solar)	78
	Bus (Solar)	0

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Total Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	94.109
	Roda 4 pribadi (Bensin)	38.163
	Roda 4 pribadi (Solar)	28.226
	Truk (Solar)	115
	Bus (Solar)	0
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	167.269
	Roda 4 pribadi (Bensin)	59.829
	Roda 4 pribadi (Solar)	33.737
	Truk (Solar)	2.818
	Bus (Solar)	31
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	207.775
	Roda 4 pribadi (Bensin)	72.594
	Roda 4 pribadi (Solar)	37.437
	Truk (Solar)	10.227
	Bus (Solar)	137
Jalan Kapten Usman	Roda 2 (Bensin)	159.492
	Roda 4 pribadi (Bensin)	61.662
	Roda 4 pribadi (Solar)	45.957
	Truk (Solar)	1.118
	Bus (Solar)	0
Total		1.758.316

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Tabel 11. Total Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Umum (Angkot)

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Total Konsumsi Bahan Bakar (km/tahun)
Jalan Pasar Besar Segmen 1		15.736
Jalan Pasar Besar Segmen 2		11.413
Jalan Sersan Harun Segmen 1		5.011
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Roda 4 Umum (Bensin)	7.398
Jalan Kyai Tamin Segmen 1		9.380
Jalan Kyai Tamin Segmen 2		11.871
Jalan Kapten Usman		12.991
Total		73.801

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 10 dapat diketahui bahwa total konsumsi bahan bakar kendaraan pribadi sebesar 1.758.316 liter/tahun dengan total konsumsi bahan bakar kendaraan pribadi terbesar yaitu kendaraan roda 2. Kemudian berdasarkan tabel 11 dapat diketahui bahwa total konsumsi bahan bakar kendaraan umum (angkot) sebesar 73.801 liter/tahun. Bila dijumlahkan total konsumsi bahan bakar untuk semua jenis kendaraan yaitu sebesar 1.832.117 liter/tahun.

Total Emisi CO₂ Kendaraan

Hasil keluaran dari penelitian ini berupa emisi CO₂ dalam satuan ton/tahun. Untuk mengetahui besaran emisi CO₂ tersebut yaitu dengan mengalikan total konsumsi bahan bakar dengan emisi faktor bahan bakar. Dimana emisi faktor tersebut dinyatakan dalam kilogram/liter.

Nilai emisi faktor untuk kendaraan berbahan bakar bensin (*Gasoline Fuel*) adalah 2,31 kg/liter sedangkan nilai emisi faktor untuk kendaraan berbahan bakar solar (*Diesel Fuel*) adalah 2,68 kg/liter (Andriono, *et al*, 2013). Berikut merupakan hasil emisi CO₂ pada tiap jenis kendaraan baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum (angkot). (Tabel 12 dan Tabel 13).

Tabel 12. Total Emisi CO₂ Kendaraan Pribadi

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Total Emisi CO ₂ (ton/thn)
Jalan Pasar Besar Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	326,61
	Roda 4 pribadi (Bensin)	272,92
	Roda 4 pribadi (Solar)	135,73
	Truk (Solar)	4,07
	Bus (Solar)	0,26
Jalan Pasar Besar Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	418,70
	Roda 4 pribadi (Bensin)	173,74
	Roda 4 pribadi (Solar)	161,46
	Truk (Solar)	2,49
	Bus (Solar)	0,05
Jalan Sersan Harun Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	143,40
	Roda 4 pribadi (Bensin)	57,95
	Roda 4 pribadi (Solar)	56,18
	Truk (Solar)	0,21
	Bus (Solar)	0,00
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	217,39
	Roda 4 pribadi (Bensin)	88,16
	Roda 4 pribadi (Solar)	75,65
	Truk (Solar)	0,31
	Bus (Solar)	0,00
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	Roda 2 (Bensin)	386,39
	Roda 4 pribadi (Bensin)	138,20
	Roda 4 pribadi (Solar)	90,41
	Truk (Solar)	7,55
	Bus (Solar)	0,08
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	Roda 2 (Bensin)	479,96
	Roda 4 pribadi (Bensin)	167,69
	Roda 4 pribadi (Solar)	100,33
	Truk (Solar)	27,41
	Bus (Solar)	0,37
Jalan Kapten Usman	Roda 2 (Bensin)	368,43
	Roda 4 pribadi (Bensin)	142,35
	Roda 4 pribadi (Solar)	123,16
	Truk (Solar)	2,99
	Bus (Solar)	0,00
Total		4.170,60

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Tabel 13. Total Emisi CO₂ Kendaraan Umum (Angkot)

Nama Jalan	Jenis Kendaraan	Total Emisi CO ₂ (ton/thn)
Jalan Pasar Besar Segmen 1		36,35
Jalan Pasar Besar Segmen 2		26,36
Jalan Sersan Harun Segmen 1		11,58
Jalan Sersan Harun Segmen 2	Roda 4 Umum (Bensin)	17,09
Jalan Kyai Tamin Segmen 1		21,67
Jalan Kyai Tamin Segmen 2		27,42
Jalan Kapten Usman		30,01

Total 170,48

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 12 dapat diketahui bahwa total emisi CO₂ kendaraan pribadi sebesar 4.170,60 ton/tahun dimana emisi CO₂ terbesar dari kendaraan pribadi pada ketujuh segmen yaitu kendaraan roda 2. Kemudian berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa total emisi CO₂ kendaraan umum (angkot) sebesar 170,48 ton/tahun. Bila dijumlahkan total emisi CO₂ untuk kendaraan pribadi dan kendaraan umum (angkot) yaitu 4.341,08 ton/tahun.

REKOMENDASI

Rekomendasi dalam penelitian ini ada dua yaitu pertama, simulasi skenario pengurangan emisi CO₂ melalui rekayasa pengalihan pengguna kendaraan pribadi menuju kendaraan umum (angkot) dengan mengurangi jumlah kendaraan pribadi berdasarkan tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang yang menggunakan kendaraan pribadi untuk beralih menggunakan kendaraan umum (angkot). Kedua, simulasi perkiraan perubahan tingkat pelayanan jalan pada saat eksisting dan pada saat simulasi yang diakibatkan dari adanya simulasi pengurangan emisi CO₂.

Simulasi Pengurangan Emisi CO₂ Kendaraan

Sebelum melakukan simulasi skenario pengurangan emisi CO₂ kendaraan, perlu mengetahui persentase tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang yang menggunakan kendaraan pribadi untuk beralih menggunakan kendaraan umum (angkot). Data tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang yang beralih menggunakan kendaraan umum (angkot) didapatkan dengan menggunakan kuisioner yang ditujukan ke pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang sebanyak 400 responden. Dimana didapatkan hasil bahwa tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang menggunakan kendaraan umum (angkot) sebesar 34% mau berpindah sedangkan 64% tidak mau berpindah. Jumlah persentase pengunjung yang mau berpindah sebesar 34% tersebut terdiri dari 31% pegunjung pengguna kendaraan pribadi roda dua dan 3% pengunjung pengguna kendaraan pribadi roda empat (Gambar 4).



Gambar 4. Persentase Tingkat Kemauan Berpindah Pengunjung Menggunakan Kendaraan Umum (Angkot)

Setelah mengetahui persentase yang mau berpindah, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan simulasi pengurangan emisi CO₂ melalui pengalihan pengguna kendaraan pribadi untuk beralih menggunakan kendaraan umum (angkot) sesuai tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar Kota Malang untuk beralih menggunakan kendaraan umum (angkot). Dimana dihasilkan bahwa total emisi CO₂ pada saat simulasi sebesar 3.790,64 ton yang terdiri dari emisi CO₂ kendaraan pribadi sebesar 3.391,41 ton dan emisi CO₂ kendaraan umum (angkot) sebesar 399,22 ton. Berikut merupakan perbandingan hasil emisi CO₂ saat eksisting dan saat simulasi (Tabel 14).

Tabel 14. Perbandingan Total Emisi CO₂ Saat Eksisting dan Saat Simulasi

No.	Perbandingan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)		Total (ton/tahun)
		Kendaraan Pribadi	Kendaraan Umum (Angkot)	
1.	Eksisting	4.170,60	170,48	4.341,08
2.	Simulasi	3.391,41	399,22	3.790,64

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan hasil emisi CO₂ pada saat eksisting dan pada saat simulasi. Dimana hasil emisi CO₂ pada saat simulasi dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 550,44 ton/tahun atau sekitar 12,68% dari emisi CO₂ yang dihasilkan pada kondisi eksisting.

Simulasi Tingkat Pelayanan Jalan

Perhitungan simulasi tingkat pelayanan jalan ini dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai tingkat pelayanan jalan akibat adanya simulasi emisi CO₂ yang berdampak pada perubahan jumlah volume kendaraan. Berikut merupakan hasil perbandingan nilai tingkat

pelayanan jalan pada saat eksisting dan pada saat simulasi saat *weekday* dan *weekend*. (Tabel 15 dan Tabel 16).

Tabel 15. Simulasi Tingkat pelayanan Jalan Saat *Weekday*

Nama Jalan	<i>Weekday</i>			
	Eksisting		Simulasi II	
	Rasio V/C Rata-rata	LOS Rata-rata	Rasio V/C Rata-rata	LOS Rata-rata
Jalan Pasar Besar Segmen 1	0,60	A	0,56	A
Jalan Pasar Besar Segmen 2	0,66	B	0,58	A
Jalan Sersan Harun Segmen 1	0,65	B	0,59	A
Jalan Sersan Harun Segmen 2	0,66	B	0,59	A
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	0,54	A	0,48	A
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	0,65	B	0,57	A
Jalan Kapten Usman	0,66	B	0,58	A

Sumber : Hasil Rekomendasi, 2016

Tabel 16. Simulasi Tingkat pelayanan Jalan Saat *Weekend*

Nama Jalan	<i>Weekend</i>			
	Eksisting		Simulasi	
	Rasio V/C Rata-rata	LOS Rata-rata	Rasio V/C Rata-rata	LOS Rata-rata
Jalan Pasar Besar Segmen 1	0,63	B	0,59	A
Jalan Pasar Besar Segmen 2	0,64	B	0,58	A
Jalan Sersan Harun Segmen 1	0,62	B	0,55	A
Jalan Sersan Harun Segmen 2	0,61	B	0,54	A
Jalan Kyai Tamin Segmen 1	0,54	A	0,47	A
Jalan Kyai Tamin Segmen 2	0,67	B	0,57	A
Jalan Kapten Usman	0,63	B	0,54	A

Sumber : Hasil Rekomendasi, 2016

Berdasarkan tabel 15 dan tabel 16 dapat diketahui bahwa nilai tingkat pelayanan jalan pada saat simulasi mengalami perubahan yang cukup signifikan dibandingkan pada saat eksisting dimana nilai tingkat pelayanan jalan pada saat simulasi membaik dan secara keseluruhan bernilai LOS A.

KESIMPULAN

Nilai tingkat pelayanan jalan pada Jalan Pasar Besar segmen 1 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS C. Jalan Pasar Besar segmen 2 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS D. Jalan Sersan Harun segmen 1 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS D. Jalan Sersan Harun segmen 2 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk

bernilai LOS D. Jalan Kyai Tamin segmen 1 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS C. Jalan Kyai Tamin segmen 2 paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS C. Jalan Kapten Usman paling baik bernilai LOS A dan paling buruk bernilai LOS D.

Total emisi CO₂ kendaraan bermotor pada ketujuh segmen di kawasan Pasar Besar Kota Malang yaitu sebesar 4.341,08 ton/tahun yang terdiri dari emisi CO₂ kendaraan pribadi sebesar 4.170,60 ton/tahun sedangkan emisi CO₂ kendaraan umum (angkot) sebesar 170,48 ton/tahun.

Dari hasil emisi CO₂ tersebut terdapat arahan rekomendasi untuk mengurangi pengeluaran emisi CO₂ yaitu berupa simulasi skenario pengalihan pengguna kendaraan pribadi untuk beralih menggunakan kendaraan umum (angkot) berdasarkan tingkat kemauan berpindah pengunjung kawasan Pasar Besar yang menggunakan kendaraan pribadi. Dimana dalam simulasi tersebut menghasilkan emisi CO₂ sebesar 3.790,64 ton/tahun yang terdiri dari emisi CO₂ kendaraan pribadi sebesar 3.391,41 ton/tahun dan emisi CO₂ kendaraan umum (angkot) sebesar 399,22 ton/tahun. Hasil emisi CO₂ dari simulasi tersebut dapat mengurangi sekitar 550,44 ton/tahun atau sekitar 12,68% dari emisi CO₂ yang dihasilkan pada kondisi eksisting. Kemudian berdasarkan simulasi rekayasa perhitungan perkiraan perubahan tingkat pelayanan jalan didapatkan bahwa nilai tingkat pelayanan jalan pada saat simulasi mengalami perubahan yang cukup signifikan dibandingkan pada saat eksisting dimana nilai tingkat pelayanan jalan pada saat simulasi membaik dan secara keseluruhan bernilai LOS A.

DAFTAR PUSTAKA

Adisasmata, S. A., 2012. *Jaringan Transportasi (Teori dan Analisis)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Andriono. F. 2013. Green Open Space Scenarios in Reducing CO₂ Emissions in Malang City, Indonesia: A Dynamic System Approach *IOSR.Journal of Engineering (IOSRJEN)* Vol. 3, Issue 6 (June. 2013).

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Malang. 2010. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Tahun 2010 – 2030.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan.

Kartikawati, R., Susilawati, H. L., Ariani, M., Setyanto, P. 2011. *Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Lahan Sawah*. Pati: Badan Litbang Pertanian

Maryanto, D., Mulasari, S. A., dan Suryani, D., 2009. *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta*. KESMAS UAD, 3 (3), 198-205.

Miro, F. 2005. *Perencanaan Transportasi untuk mahasiswa, Perencana dan Praktisi*. Jakarta: Erlangga

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 67 Tahun 2012 Tentang Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Provinsi Jawa Timur.

Sari, K. E., Meidiana, C., Ari, I. R. D., Anggraeni, M. 2014. *Carbon Footprint Tarikan Universitas Brawijaya Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.

Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi – Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB.

Yuliastuti, Ambar. 2008. *Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Kota Semarang*. Semarang: UNDIP.

Zhongan, Slanina, Spaargaren, Yuanhang. 2005. *Traffic and Urban Air Pollution, The Case of Xi'an City*. P. R. China.